This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Det här är en digital kopia av en bok som har bevarats i generationer på bibliotekens hyllor innan Google omsorgsfullt skannade in den. Det är en del av ett projekt för att göra all världens böcker möjliga att upptäcka på nätet.

Den har överlevt så länge att upphovsrätten har utgått och boken har blivit allmän egendom. En bok i allmän egendom är en bok som aldrig har varit belagd med upphovsrätt eller vars skyddstid har löpt ut. Huruvida en bok har blivit allmän egendom eller inte varierar från land till land. Sådana böcker är portar till det förflutna och representerar ett överflöd av historia, kultur och kunskap som många gånger är svårt att upptäcka.

Markeringar, noteringar och andra marginalanteckningar i den ursprungliga boken finns med i filen. Det är en påminnelse om bokens långa färd från förlaget till ett bibliotek och slutligen till dig.

Riktlinjer för användning

Google är stolt över att digitalisera böcker som har blivit allmän egendom i samarbete med bibliotek och göra dem tillgängliga för alla. Dessa böcker tillhör mänskligheten, och vi förvaltar bara kulturarvet. Men det här arbetet kostar mycket pengar, så för att vi ska kunna fortsätta att tillhandahålla denna resurs, har vi vidtagit åtgärder för att förhindra kommersiella företags missbruk. Vi har bland annat infört tekniska inskränkningar för automatiserade frågor.

Vi ber dig även att:

- Endast använda filerna utan ekonomisk vinning i åtanke
  Vi har tagit fram Google boksökning för att det ska användas av enskilda personer, och vi vill att du använder dessa filer för enskilt, ideellt bruk.
- Avstå från automatiska frågor
  Skicka inte automatiska frågor av något slag till Googles system. Om du forskar i maskinöversättning, textigenkänning eller andra områden där det är intressant att få tillgång till stora mängder text, ta då kontakt med oss. Vi ser gärna att material som är allmän egendom används för dessa syften och kan kanske hjälpa till om du har ytterligare behov.
- Bibehålla upphovsmärket
  Googles "vattenstämpel" som finns i varje fil är nödvändig för att informera allmänheten om det här projektet och att hjälpa dem att hitta ytterligare material på Google boksökning. Ta inte bort den.
- Håll dig på rätt sida om lagen
  Oavsett vad du gör ska du komma ihåg att du bär ansvaret för att se till att det du gör är lagligt. Förutsätt inte att en bok har blivit allmän egendom i andra länder bara för att vi tror att den har blivit det för läsare i USA. Huruvida en bok skyddas av upphovsrätt skiljer sig åt från land till land, och vi kan inte ge dig några råd om det är tillåtet att använda en viss bok på ett särskilt sätt. Förutsätt inte att en bok går att använda på vilket sätt som helst var som helst i världen bara för att den dyker upp i Google boksökning. Skadeståndet för upphovsrättsbrott kan vara mycket högt.

Om Google boksökning

Googles mål är att ordna världens information och göra den användbar och tillgänglig överallt. Google boksökning hjälper läsare att upptäcka världens böcker och författare och förläggare att nå nya målgrupper. Du kan söka igenom all text i den här boken på webben på följande länk `http://books.google.com/`

NYPL RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06637569 6

ELEKTRICITETEN

DESS FRAMSTÄLLNING OCH ANVÄNDANDE INOM YRKENA OCH INDUSTRIEN

EFTER

A. WILKE

BEARBETAD AF

R. DAHLANDER, INGENIÖR VID ALLM. SVENSKA ELEKTR. AKTIEBOLAGET; — **C. ENGNÉR**, T. F. BYRÅINGENIÖR I K. TELEGRAFSTYRELSEN; — **G. JUHLIN-DANNFELT**, KAPTEN VID K. FORTIFIKATIONEN; — **E. LÖNNQUIST**, ÖFVERINGENIÖR I K. TELEGRAFSTYRELSEN; — **H. E. MARCHANDER**, INGENIÖR Å SIEMENS' TEKNISKA BYRÅ; — **W. PALMÆR**, DOCENT VID UPPSALA UNIVERSITET; — **N. RAHM**, SEKRETERARE I K. PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET M. FL.

MED 678 TEXTBILDER OCH XII PLANSCHER

STOCKHOLM
AKTIEBOLAGET HIERTAS BOKFÖRLAG

THE NEW YORK
PUBLIC LIBRARY
408638A
ASTOR, LENOX AND
TILDEN FOUNDATIONS
R 1929 L

ELEKTRICITETEN utgör tredje bandet af

UPPFINNINGARNAS BOK

NY, FULLSTÅNDIGT OMARBETAD UPPLAGA,
UNDER MEDVERKAN AF FACKMÄN

UTGIFVEN AF

A. BERGLUND
ÖFVERSTE, F. D. LÄRARE VID K. ART. OCH INGENIÖRHÖGSKOLAN,
L. K. KR. V. A.

STOCKHOLM 1897
KUNGL. BOKTRYCKERIET. P. A. NORSTEDT & SÖNER

INNEHÅLL.

Sid.

Inledning. Elektroteknikens utvecklingshistoria. — Magnetiskt fält. Kraftlinier. Induktion. — Strömstyrka, spänning, motstånd. — Elektricitetens mätning. — Elektromotorisk kraft . . . . . 1.

I. Elektriska strömkällor.

Galvaniska element. Inledning. — De äldsta elektricitetskällorna. — Konstanta element. Daniells element och dess modifikationer. Smees element. Groves element. Bunsens element. Kromsyreelement. — Element för svaga strömmar. Meidingers element. Callauds element. Leclanchés element och dess modifikationer. Klorsilfverelement. Torrstaplar. Gasbatterier. Termostaplar. Batterikoppling 12.

Dynamomaskinen. Inledning. — Magnetelektriska maskiner. — Den dynamoelektriska principen. — Den första dynamon. — Pacinottis eller Grammes ring. — Järnkärnan. — Grammes dynamo. — Truminduktorn. — De nyare dynamomaskinerna. — Kommutatormaskiner. — Skifdynamos. — Andra dynamomaskiner för likriktad ström. — Växelströmmaskiner. — Dynamomaskiners strömledningar. — Dynamomaskiners industriella verkningsgrad . . . . . 28.

Sekundära strömkällor. Transformatorer. Spänningens omsättning. — Transformatorernas utveckling. — Gaulards & Gibbs sekundärgenerator. — Ganz & C:ies transformator. — Andra transformatortyper. — Transformatorers anordning och uppställning. — Likströmstransformatorer. — Ackumulatorer. Magasinering af elektrisk energi. — Ackumulatorernas utveckling. — Faures ackumulator. — »Electric Power Storage C:os» ackumulator. — Andra ackumulatorer. — Torrackumulatorer. — Ackumulatorers verkningssätt, laddning och urladdning m. m. . . . . 79.

II. Elektriska ledningar.

Öfverförande af elektrisk energi. — Isolering. — Blanka ledningar. Isolatorer. — Ledningstråden. — Skarfvar. — Stolpar. — Liniebyggnad. — Underjordsledningar. — Öfverklädda ledningar. Öfverklädnadens ändamål och beskaffenhet. — Öfverspunnen tråd. — Guttaperka- och kautschukklädnad. — Blykablar. — Ytterligare skyddsmedel 107.

III. Det elektriska ljuset.

Den elektriska strömmens värmeverkningar. Bågljuset. Ljusbågen. — Äldre regulatorer för bågljusbelysning. — Det elektriska ljusets delning. — Elektriska brännare. — Sollampan. — Kontaktglödlampor. — Differentiallampor. — Differentiallampor med koppling. — Differentiallampor utan koppling. — Båglampor med ensidig rörelse. — Lamphus och ballonger. — Upphängningsanordningar för båglampor. — Tillverkning af båglampkol. — Glödljuset. Glödlampans utvecklingshistoria. — Glödlampans beståndsdelar. — Koltrådens tillverkning. — Koltrådens fastsättande. — Glasballongen. — Lampans evakuering. — Lampans färdiggörande. — Lamphållaren och hylsan. — Hängare och väggarmar för glödlampor. — Kupor och skärmar. — Glödlampans ekonomi och varaktighet . . . . . 123.

Sid.

IV. Elektriska belysningsanläggningar.

A. Enskilda elektricitetsverk.

Strömalstringen. Motorer. — Dynamomaskiner. — Regleringsinrättningar. — Ledningssystemet. Strömfördelningen. — Ledningarna och deras uppsättning. — Afstängare och omkastare. — Säkerhetsapparater. — Ampère- och voltmätare. — Åskledare. — Val af lampor och dessas fördelning. — Montering. — Skötsel . . . . . 175.

B. Allmänna elektricitetsverk.

Ledningssystemet. — Amerikanska elektricitetsverk. — Stockholms elektricitetsverk. Elektricitetsmätare. — Elektricitetsverk med ackumulatorer. — Elektricitetsverk för växelström . . . . . 212.

C. Belysningsanordningar för särskilda ändamål.

Elektrisk teaterbelysning. — Elektrisk belysning å fartyg. — Elektriska fyrar. — Elektrisk belysning å järnvägståg. — Elektrisk belysning för åkdon. — Transportabla belysningsmaskiner. — Elektrisk springbrunn. — Åtskilliga andra användningar af det elektriska ljuset . . . . . 241.

V. Teknisk användning af elektriskt värme.

Elektrisk uppvärmning. — Elektrisk glödning. Mintändning. — Härdning. — Galvanokaustik. — Elektriska cigarr- och gaständare. — Lödning, vällning och smältning med elektrisk ström . . . . . 261.

VI. Elektriska motorer och deras användande.

Elektrisk och mekanisk energi. — Elektriska motorers konstruktion — Växelströmmotorer. — Elektriska motorers reglering. — Elektriska motorers fördelar och användande. — Elektriska järnbanor, fordon, båtar m. m. — Elektrisk kraftöfverföring . . . 283.

VII. Elektrokemisk industri.

A. Galvanoteknik.

Galvanostegi. Badet och elektroderna. — Strömkällor. — Ledningar och badkärl. — Strömmens reglering. — Förberedande arbeten. — Badens tillredande och behandling. — Förnickling. — Försilfring. — Förgyllning. Platinering. — Förzinkning. Förtenning. Blybeläggning. — Förkoppring. Mässingsbeläggning. — Öfriga användningar.

Galvanoplastik. Koppargalvanoplastik. — Klichéer. — Efterbildning af föremål. — Öfriga användningar . . . . . 360.

B. Elektrometallurgi.

Inledning. — Lämpliga dynamomaskiner. — Koppar. — Aluminium. — Magnesium och natrium. — Silfver och guld. — Järn. — Öfriga metaller . . . . . 373.

C. Öfriga elektrokemiska industrier.

Alkali- och klorindustri. Elektrolys af klornatrium. — Natron och klor. — Blekning och desinfektion. — Kaliumklorat. — Karbider. Kalciumkarbid och acetylen. Karborund. — Väte, syre och ozon. — Färgindustri och garfning . . . . . 389.

VIII. Telegrafi.

Inledning. — Chappes telegraf. — Optiska telegrafen i Sverige. — Akustiska m. fl. telegrafer. — Elektriska telegrafen. — Sömmerings telegraf. — Nältelegrafen. — Visaretelegrafen. — Morses telegrafsystem. — Reläet. — Öfverdragning. — Soundern. — Automatisk telegrafering. — Wheatstones snabbskriftapparat. — Tryktelegrafer. — Hughes' apparat. — Kemiska kopieringstelegrafer. — Telautografen. — Dubbeltelegrafering. — Fonotelegrafi. — Multiplex-telegrafering. — Kombinations- och hjälpapparater. — Strömkällor. — Telegrafledningar. — Underhafstelegrafi. Utläggning af hafskabel. — Kabelmätningar. — Apparater för underhafstelegrafering. — Dubbeltelegrafering å kablar. — Den elektriska telegrafen i Sverige . . . . . 404.

Sid.

IX. Telegrafiska inrättningar för särskilda ändamål.

Järnvägstelegrafi. Genomgående liniesignaler. — Distanssignaler. — Blockapparater. — Apparater för kontrollering af tåghastigheten. — Bantågstelegrafi. — Militärtelegrafi. — Brandtelegrafer. Termofoner. — Tidstelegrafering. Elektriska ur. — Kontaktanordningar å hufvuduren. — Elektriska timställare. — Elektrisk reglering af ur. — Optiska tidssignaler. — Kronografer. — Elektriska vaktkontrollapparater. — Omröstningstelegrafer . . . . . 464.

X. Telefoni.

Inledning. — Telefonen. Reis' telefon. — Bells telefon. — Modifikationer af Bell-telefonen. — Dolbears, Grays, Edisons m. fl:s telefoner. — Mikrofonen. Mikrofonströmmens transformering. — Hjälpanordningar m. m. vid telefonapparater. — Fullständiga telefonapparater. — Telefonväxelapparater. — Luftledningar och kablar; telefonnät. — Underjordskablar. — Multiplextelefoni. — Telefonväsendet i Sverige. — Telefon eller telegraf?

Särskilda användningar af telefon och mikrofon. — Fonografen m. m. — Elektrisk fjärrskådning . . . . . 493.

XI. Elektriska ringledningar.

Inledning. — Batterier för ringledningar. — Den elektriska ringklockan. — Strömslutningsinrättningar. — Nummertablåer. — Ledningar. — Kopplingsanordningar vid elektriska ringledningar. — Elektriska ringverk för kyrkklockor . . . . . 548.

XII. Elektriciteten i landtbrukets tjänst . . . . . 564.

XIII. Den elektrotekniska industrien.

Öfversikt af den elektrotekniska industriens utveckling i allmänhet. — Tyskland. — England. — Andra europeiska länder. — Nordamerikas Förenta stater. Sverige; utställningen i Stockholm 1897 . . . . . 570.

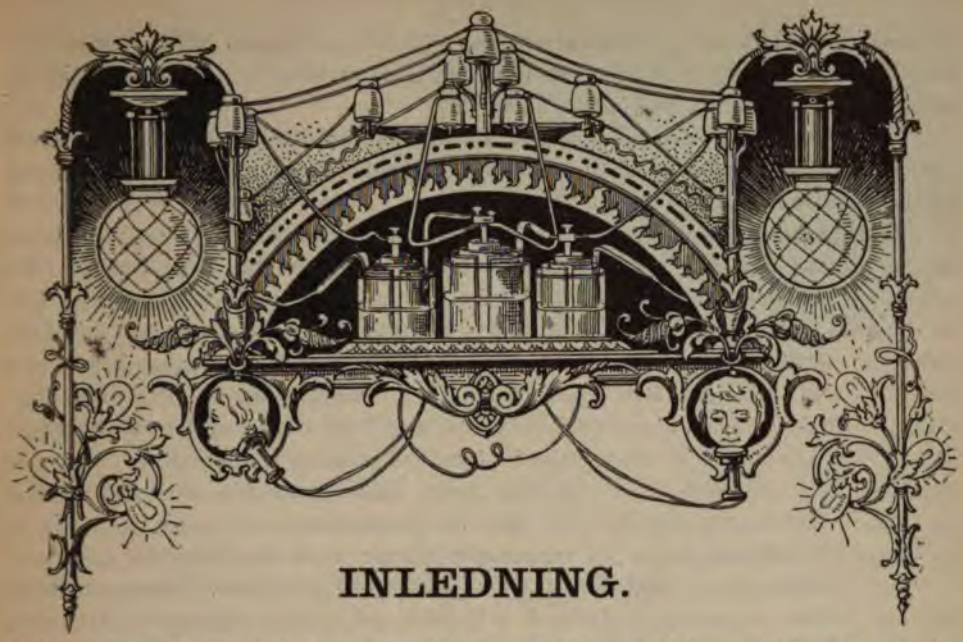
XIV. Elektriska framtidsutsikter.

Kraftkällorna och deras tillgodogörande medelst elektricitet. — De stora elektriska framtidsproblemen. — Teslas försök; framtidens ljus? — Marconis försök; framtidens telegrafi? . . . . . 586.

Register . . . . . 595.

Planscher.

I. Växelströmmaskin och motor om 600 hästkrafter.
II. Elektrisk inomhusbelysning.
III. Stockholms elektricitetsverk. Plan af ledningsnätet. Interiör af maskinrummet. Interiör af ångpannerummet.
IV. Wiens elektricitetsverk. / Amsterdams elektricitetsverk. — Plan af ledningsnätet.
V. Plan af elektricitetsverket i Rom.
VI. Elektrisk belysning å svensk pansarbåt.
VII. Elektriska kraftstationer vid svenska bruk. Grycksbo. Hofors. Grängesberg.
VIII. Niagaraverken med fallet m. m.
IX. Rikstelefonstationen i Stockholm. Apparatsalarna för lokala och interurbana ledningar.
X. Rikstelefonstationen i Norrköping. / Stockholms Allm. telefonaktiebolags centralstation å Norrmalm.
XI. Cementtrummor och cementbrunnar för telefonkablar.
XII. Nyare telefon- och andra elektriska apparater.



INLEDNING.

Elektroteknikens utvecklingshistoria. — Magnetiskt fält. Kraftlinier. Induktion. — Strömstyrka, spänning, motstånd. Elektricitetens mätning. Elektromotorisk kraft.

En återblick på det mänskliga kulturarbetets gång allt ifrån äldsta tider till våra dagar utvisar, att början af det nittonde århundradet betecknar ett nytt skede i kulturhistorien. Men det är hvarken väldiga krig, genomgripande politiska omhvälfningar eller storslagna, sedliga idéer, hvilka förnämligast kännetecknа detta nya tidskifte. Hvad som framför allt tryckt sin prägel på detta snart tilländagångna århundrade det är människoandens rastlösa kamp mot naturkrafterna och dessas fortgående kufvande under människoviljans lydnad, genom en följd af glänsande segrar. Och dessa segrar ha burit rikliga frukter; i deras spår har blomstrat upp en teknik, som ingripit snart sagdt på alla områden af mänskligt arbete, visserligen omstörtande mycket af det gamla, från århundraden nedärfda och inlärda men i stället skapande så oändligt mycket nytt, godt, stort och skönt. Omhvälfningen har i sanning varit häpnadsväckande.

Det är från denna högre, historiska ståndpunkt som man måste betrakta den industriella tekniken, om man vill rätt förstå dess betydelse för nutid och framtid. Då vi nu gå att skildra en af de nyaste och mest storartade eröfringarna på teknikens fält, nämligen elektricitetens användning i det praktiska lifvets tjänst, kunna vi därför icke underlåta att här och hvar kasta en sidoblick in på andra kulturområden, till hvilka elektrotekniken, om ock medelbarligen, sträcker sina verkningar. Därjämte skola vi, så vidt möjligt är, slutligen söka skåda äfven något framåt i tiden, och detta så mycket hellre, som man ju redan på förhand velat stämpla det kommande århundradet som elektricitetens tidehvarf. Vi vilja således till en början taga en hastig öfverblick af *elektroteknikens utvecklingshistoria.*

Elektrotekniken kan anses vara årsbarn med *telegrafien.* Båda föddes år 1837, då den elektriska strömmen först kom till praktisk användning i Steinheils, Morses,

Cookes och Wheatstones telegrafapparater. Hvad dessförinnan blifvit försökt eller föreslaget må visserligen tillhöra det vetenskapliga förarbetet men kan icke hänföras till den praktiska teknikens område.

Men redan året därefter uppspirar å detta fält från elektricitetens rot ett annat skott, då Jacobi genom framställning af metalliska fällningar medelst elektrisk ström grundade *galvanotekniken*.

Elektricitetens framgångsrika användande inom dessa båda områden, i synnerhet det förstnämnda, väckte förhoppningar om gynnsamma resultat äfven i andra riktningar. Redan år 1810 hade Davy påpekat, att man i den elektriska ljusbågen ägde en ljuskälla, som öfverträffade alla andra sådana; det dröjde icke mer än några årtionden, förrän man också hade ganska goda lampor för användande af detta *bågljus*. Men de stora förhoppningarna på en omgestaltning af hela belysningsväsendet förblefvo ännu ouppfyllda under en lång följd af år, emedan de då kända medlen för elektricitetens framställande i många afseenden voro alltför otillfredsställande. Användningen af det elektriska ljuset måste därför tills vidare inskränkas till sådana fall, där svårigheterna af dess åstadkommande kunde anses uppvägda af den glänsande effekten, såsom vid teaterföreställningar, stora illuminationer o. d.

På liknande sätt förhöll det sig till en början med *glödljuset*. Dess användande föreslogs redan år 1838 af Jobard i Bryssel, och dennes lärjunge, de Changy, konstruerade år 1844 den första glödlampan, försedd med en glödkropp af kol. Men äfven denna uppfinning kunde icke komma till synnerlig användning, så länge man icke ägde bättre apparater och metoder för alstrande af den elektriska strömmen.

Likaledes gjorde man sig i begynnelsen stora förväntningar angående denna ströms användande för *kraftmaskiner*. Redan år 1834 konstruerade dal Negro en elektrisk motor, och fem år senare kunde man på Nevafloden i Petersburg få se en liten båt drifvas af en sådan motor, enligt Jacobis förbättrade konstruktion. Ja, redan dessförinnan hade man till och med gjort försök med elektriska motorer för åkdon, nämligen i Gröningen af Stratingh och Becker, i Turin af Botto. Men kostnaderna befunnos vara orimligt höga. Dessa båda uppfinningar kastades därför snart undan i teknikens stora skräpkammare, ur hvilken de — likt många andra sådana — först efter årtionden åter framdrogos för att i förbättrad gestalt med större framgång tillgodogöras.

På samma sätt gick det i förstone med åtskilliga andra uppfinningar, grundade på elektricitetens användande i nya riktningar. Man beundrade dem, man förvånades öfver denna mäktiga naturkrafts mångsidiga användbarhet, men — därvid stannade det! De visade sig alla vara för ofullkomliga och i synnerhet för kostsamma för praktiskt bruk. Men kostnaden är, som man väl vet, en mycket viktig faktor, med hvilken tekniken alltid måste räkna, om den vill komma till praktiskt brukbara resultat.

Då framträdde år 1866 nästan samtidigt tysken Werner Siemens och engelsmannen Wheatstone med en uppfinning, som gjorde det möjligt icke blott att till betydligt billigare pris framställa elektricitet utan äfven att åstadkomma elektriska strömmar af dittills okänd styrka. Denna uppfinning var den *dynamoelektriska maskinen*. Den gjorde emellertid icke då sitt inträde i världen som en fullfärdig skapelse, framsprungen ur uppfinnarens hufvud, utan hade för sin tillkomst att tacka vetenskapsmäns och uppfinnares mödosamma förarbeten på åtskilliga håll.

Dynamomaskinen, eller helt enkelt »dynamon», såsom den numera för korthetens skull vanligen benämnes, är en inrättning, medelst hvilken man förvandlar mekanisk

kraft — eller, för att tala mera vetenskapligt, »rörelseenergi» — till elektrisk »energi». Genom fransmannen Ampères och engelsmannen Faradays forskningar hade man lärt känna grundlagarna för dessa båda energiformers inbördes förhållande; med ledning däraf konstruerade fransmannen Pixii år 1832 den första apparat, som förvandlade mekanisk energi till elektrisk sådan. Oaktadt sedermera vidtagna förbättringar kunde emellertid denna maskin till en början icke vinna någon större betydelse, hufvudsakligen af det skäl, att för det ändamål, som vi längre fram lära känna, däri användes *stål*magneter, hvilka endast besitta en jämförelsevis begränsad styrka.

Man kom därför snart på den tanken att i dessas ställe använda s. k. *elektromagneter*. Den första maskin af detta slag konstruerades af Wilde, som emellertid för elektromagneternas åstadkommande använde en särskild liten strömalstrare med stålmagneter, en anordning, som gjorde hela apparaten något invecklad. Denna mellanhand borttogs därför af Siemens, hvilken föll på den snillrika idéen att för ändamålet använda helt enkelt en förgrening af den elektriska ström, som alstrades af maskinen själf. Därmed vanns en betydligt enklare konstruktion och billigare driftkostnad, och sålunda var vägen öppnad för en mäktig utveckling af elektrotekniken. Denna hade nu till sitt förfogande en enkel maskin för framställande af elektrisk ström till billigt pris och af viss bestämd styrka.

Den dynamoelektriska maskinen var emellertid, såsom ofvan anmärkts, visst icke fullt färdig med ens. Siemens' första konstruktion var behäftad med stora brister; först sedan en fransk modellsnickare Zénobe Gramme lyckats påfinna en väsentlig förbättring af den maskindel, hvari mekanisk rörelse omsattes till elektrisk ström, först då kunde maskinen, såsom vi längre fram skola se, anses vara användbar för praktiskt bruk.

Då man således nu kommit därhän att kunna på billigt sätt framställa äfven starkare strömmar, hade tekniken i fråga om elektricitetens alstring tagit ett icke obetydligt steg framom tekniken för dess användning; denna senare fick därigenom så att säga en väckelse att på nyttigt sätt använda den rikligare tillgång, som nu stod till buds. Och detta lärde den sig rätt snart, ty användningstekniken har i allmänhet städse vetat att skrida tämligen raskt och oafbrutet framåt, så länge alstringstekniken icke lämnat den i sticket.

Det gällde nu först och främst att söka förbättra metoden för elektrisk belysning. De i början på 70-talet använda bågljuslamporna med rörliga kolspetsar voro behäftade med den svåra olägenheten att icke vilja brinna, då flera sådana insattes i samma strömbana; reglerandet af kolspetsarnas inbördes afstånd i den ena lampan inverkade nämligen störande på den eller de andra. Så uppstod frågan om *det elektriska ljusets delning*, en fråga, som på sin tid mycket dryftades men jämförelsevis snart löstes, åtminstone delvis, af ryssen Jablochkoff. Denne konstruerade nämligen år 1876 de efter honom benämnda »*jablochkoffska ljusen*», där den nyss omnämnda störande olägenheten förekommits därigenom, att kolspetsarna icke alls förflytta sig utan ständigt bibehålla samma inbördes afstånd. Något senare lyckades man emellertid konstruera elektriska lampor, så beskaffade, att bågljusen i samma ledning blefvo oberoende af hvarandras reglering.

En annan väg för problemets lösning fanns emellertid, som ofvan omnämnts, redan antydd af belgiern Jobard, som år 1838 föreslagit att åstadkomma ljus genom att bringa fin metall- eller annan tråd i glödning medelst stark elektrisk ström. Förslaget möttes i början af de starkaste tvifvelsmål hos den tidens elektriker, och Jobard

förmådde icke heller själf att åstadkomma någon praktisk lampa. Men genom flera följande uppfinnares outtröttliga arbeten, hvilka Edisons skapande kraft ändtligen bragte till praktisk afslutning, lyckades det att göra äfven *glödljuset* användbart i belysningens tjänst, och sålunda genomföra en ganska långt drifven delning af det elektriska ljuset.

Detta skedde i slutet på 70-talet. Ungefär vid samma tid hade man äfven riktat sin uppmärksamhet på möjligheten att återförvandla elektrisk energi till mekanisk; den tanken låg nämligen nära till hands, att elektricitetens ovanliga förmåga af snabb förflyttning äfven skulle kunna användas för *öfverförande och utdelning af mekanisk kraft*. År 1879 konstruerade Siemens den första elektriska järnbanan, men det var först på Amerikas mark, som denna idé fick tillräcklig växtkraft att åstadkomma en lifskraftig skapelse. Och det var äfven den nya världens framför allt praktiskt anlagda folk, som först förstod att göra den elektriska motorn rätt användbar i industriens tjänst, medan denna uppfinning i det gamla Europa ännu lång tid fick trampa i försökens barnskor.

Sedan den elektriska belysningen genom uppfinningarnas framsteg blifvit en praktisk möjlighet, kom den ock alltmer och mer till användning i synnerhet under de båda senast förflutna årtiondena. Därmed fick emellertid elektrotekniken åtskilliga nya uppgifter att lösa, särskildt med afseende på anordningarna för den elektriska strömmens riktiga delning och säkerhetsåtgärderna vid dess begagnande. Äfven denna del af elektrotekniken har för sin nuvarande utveckling kräft ett mödosamt och mångsidigt uppfinnarearbete.

Den elektriska strömmen har emellertid en egenskap, som till en början beredde mycken svårighet vid anordningarna för dess öfverförande; i mån af väglängden förlorar den nämligen mer och mer af sin kraft. Till förekommande af alltför stor kraftförlust visste man ännu intet annat medel än att göra strömmens väg bredare, således lättare, det vill säga använda gröfre tråd för ledningen. Men detta blef, vid längre ledningar, en ganska dyr affär, emedan kopparn, som alltmera började användas inom elektrotekniken, just af denna orsak steg allt högre i pris. Man kunde därför till en början icke utsträcka detta slags belysning öfver ett visst, tämligen inskränkt område från en och samma elektriska kraftkälla. Visserligen skulle man, såsom vi längre fram få se, till minskande af kraftförlusten på större afstånd, äfven kunnat använda medlet att öka »spänningen»; men detta kunde heller icke ske utöfver en viss gräns utan att medföra svårigheter och, hvad värre var, allvarsamma faror vid strömmens användande.

Nu finnes det emellertid ett visst slag af elektrisk ström, s. k. *växelström*, hvars spänning kan, såsom vi framdeles skola lära känna, på ett ganska enkelt sätt förvandlas från starkare till svagare eller, som det heter, *transformeras*. Det var denna egenskap, som man i första hälften af 1880-talet började söka tillgodogöra sig för att på billigare sätt och med ringa kraftförlust från en på större afstånd belägen elektricitetskälla till förbrukningsorten leda en ström af jämförelsevis stark spänning men vid ankomsten till nämnda ort nedbringa spänningen till en för förbrukningsändamålen lämplig grad. Tack vare detta hjälpmedel, *transformationen*, har man lyckats att högst betydligt utvidga verkningsområdet för en och samma elektricitetskälla och kan hoppas att i framtiden ännu mer utvidga det.

En annan betydelsefull uppfinning inom samma område bragtes, efter åtskilliga förarbeten på andra håll, genom fransmännen Planté och Camille Faure till

praktiskt brukbar fulländning. Det var de s. k. *sekundära staplar* eller *ackumulatorer*, hvilka möjliggöra elektricitetens magasinering i förråd. Utan sådana apparater skulle man nämligen vara underkastad den olägenheten att vid växlingar i den dagliga förbrukningen af elektrisk kraft i mån däraf äfven öka eller minska alstringen af denna kraft, hvaremot man nu erhöll ett medel att utjämna skillnaderna, att anordna den elektriska kraftkällan för en mera jämnflytande ström samt göra dess verksamhet oberoende af förbrukningens växlingar. Därtill kom dessutom fördelen att genom användande af ackumulatorer erhålla elektrisk kraft äfven på sådana ställen och för sådana inrättningar, exempelvis fordon, båtar o. d., där man omöjligen kunde uppställa maskiner för dess direkta alstrande.

Sedan dynamomaskinen blifvit användbar för praktiskt bruk, dröjde det icke länge, förrän man sökte tillgodogöra dess verksamhet äfven för *elektrokemiska* ändamål. I de galvaniska anstalterna var man särdeles belåten att få en sådan elektricitetskälla i stället för de otrefliga galvaniska batterierna. Dynamon användes därför till en början i synnnerhet inom den galvaniska industrien, hvilken i väsentlig mån har denna goda hjälpare att tacka för den kraftiga utveckling, hvartill den sedermera kommit. Men icke nog därmed. Äfven inom de näringar, som afse metallernas framställande och bearbetning, har denna förträffliga maskin småningom tillkämpat sig en aktningsbjudande ställning. Vi erinra i detta afseende, här blott i förbigående, om tillverkningen af *aluminium*, denna nymodiga metall, som, tack vare dynamons hjälp, numera kan åstadkommas till billigt pris och i riklig mängd. Elektricitetens användning för elektrokemiska ändamål har, såsom vi längre fram skola lära känna, sedan dess alltjämt varit i stigande, och måhända kommer dess verksamhet på detta fält att i framtiden uppvisa resultat, icke mindre förvånande än de, som redan vunnits inom den elektriska belysningens och kraftöfverföringens områden.

Hvad denna framtid kan bära i sitt sköte i fråga om elektricitetsmaskinernas fullkomning och följaktligen äfven elektricitetens allmännare användning, det är ju icke lätt att säga. I förstnämnda afseende må medgifvas, att dynamomaskinen, hur förträfflig den än kan vara, dock alltid har den stora olägenheten att för sin verksamhet kräfva en särskild motor. För så vidt denna måste drifvas med ånga, hvilken åter alstras genom värme, har båda maskinernas samfälda arbete således till ändamål att förvandla värmets energi till elektrisk energi men att för denna förvandling använda rörelseenergien som mellanhand. Genom denna omväg går emellertid mycken kraft förlorad, och därför har det redan länge varit ett önskemål att kunna aflägsna denna mellanhand och direkt omsätta värme i elektricitet. Men komma vi en gång därhän att på fullt praktiskt sätt direkt ur stenkol framställa elektricitet, då är denna krafts universalvälde inom tekniken gifvet. I denna riktning arbeta redan vår tids mest ryktbara elektriker; hvem vet därför, om icke det stora problemet inom kort kan varda löst och därmed grunden lagd till en icke anad omhvälfning å den industriella teknikens alla områden.

Efter uppfinnandet af dynamomaskinen och det däraf följande användandet af starka elektriska strömmar fortgick utvecklingen endast långsamt inom den äldre del af elektrotekniken, som begagnar svagare strömmar. *Telegrafien* förblef fortfarande kvar på den gamla grunden, endast sträfvande att bringa apparater och metoder till allt större utveckling och användbarhet. Verkligen storartad är emellertid den omfattning, hvari telegrafanläggningarna under de första 50 åren efter den elektriska telegrafens uppfinnande utbredde sig öfver snart sagdt hela jordens yta. Öfver Sibiriens

stäpper, genom Australiens öknar, Afrikas urskogar och världshafvens djup ilar längs den elektriska tråden det bevingade ordet hän och bringar inom några timmar sitt budskap till all världens länder. Om vi kunna antaga, att den mänskliga uppfinningsförmågan under följande halfsekel skall förmå att göra lika väldiga eröfringar som dem, hvilka nu betecknas af telegraf och järnvägar, då kunna vi göra oss en svag föreställning om huru långt framom oss våra barnbarn komma att befinna sig.

Om den elektriska telegrafien i egentlig mening också icke kan sägas ha, efter sitt första framträdande, undergått några väsentliga omvandlingar, så har den likväl i senaste tid fått en närsläktad bundsförvant, nämligen *telefonien*, hvilken utgör en af de vackraste och snillrikaste användningarna af elektrisk ström. Bortsedt från denna uppfinnings praktiskt oanvändbara förstlingsformer, infaller dess egentliga ursprung ungefär samtidigt med starkström-teknikens, således i åttonde årtiondet af vårt århundrade, hvilken period, liksom det fjärde årtiondet, är af framstående betydelse i elektroteknikens utvecklingshistoria.

Till samma område hör äfven elektricitetens användande för *signalering* och *tidbestämningar*. Betydelsen däraf inses nogsamt, om man blott betänker, huru mycket de elektriska signalapparaterna inom järnvägstrafiken och brandväsendet bidraga till tryggande af lif och egendom.

Slutligen må vi erinra, att äfven läkarekonsten tagit den elektriska strömmen i sin tjänst, till den mänskliga organismens stärkande och bevarande.

Och härmed sluta vi denna lilla elektriska ilfärd genom ett halft århundrade. Den har visat, hur till en början svaga källor sipprat fram här och där på forskningarnas och försökens fält, hur dessa källflöden småningom runnit samman till små porlande bäckar, hur af dessa bäckar små blifvit stora åar, af åarna floder och slutligen en väldig ström, som genom rikliga tillflöden i våra dagar sväller mer och mer. Och vid stränderna af denna elektricitetens ström har, matad af dess lifgifvande kraft, spirat upp en mångskiftande, i stark utveckling stadd industri, som åt hundratusentals människor gifver arbete och bärgning.

Innan vi gå vidare för att närmare skärskåda de maskiner och redskap, med hvilka denna industri arbetar, blir det emellertid nödvändigt att i korthet erinra om några af elektricitetslärans allmänna grunddrag och där förekommande tekniska uttryck.

Magnetiskt fält. Kraftlinier. Induktion. Då den nutida elektrotekniken i väsentlig mån är grundad på en växelverkan mellan magnetism och elektrisk ström, måste vi till en början något sysselsätta oss med grunderna för denna växelverkan.

Allbekant är, att en magnetstångs poler utöfva verkan äfven på något afstånd; de draga till sig eller stöta undan metallbitar eller en annan magnets poler, och sålunda blir magnetens verkan för oss synbar. Men tydligt är, att detta magnetiska inflytande icke kan vara beroende af nämnda föremåls när- eller frånvaro utan redan förut finnes till uti rummet närmast omkring magneten, ehuru i osynlig måtto. Vi kunna föreställa oss, att magnetstången från hvar och en af sina poler alltjämt utsänder ett oändligt antal fina känseltrådar, liksom insekter och blötdjur begagna sina »trefvare»; bilden är visserligen icke strängt vetenskaplig men kanske desto mera lättfattlig och i alla händelser tills vidare för ändamålet fullt nöjaktig. Om sådana trådar, utgående från liknämnda poler, stöta på hvarandra, så vika de ur vägen, »*repellera*» hvarandra. Därför söka också de från en och samma magnetpol utgående känseltrådarna att

genast sprida sig solfjäderformigt åt sidorna (fig. 1). Men då sådana trefvare från oliknämnda poler mötas i rummet, söka de tvärt om att, så till sägandes, fatta tag och draga hvarandra till sig, »*attrahera*» hvarandra. En sådan sträfvan ger sig äfven till känna mellan de båda strålknippena från en och samma magnetstångs poler, i det att dessas yttersta trådar från ömse håll böja sig bakåt, hvarandra till mötes (fig. 2).

Fig. 1.

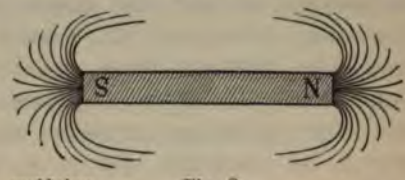


Fig. 2.

Magnetiska kraftliniers spridning.

Föres ett järnstycke till magnetens närhet, blir äfven detta magnetiskt, får sin *nord-* och *syd*-pol, liksom magnetstången själf, och utsänder, liksom denna, magnetiska känseltrådar i rummet; den ömsesidiga dragningen mellan de oliknämnda polerna gör, att hvarderas känseltrådar så att säga mera uträtas och lägga sig inom hvartdera knippet tätare intill hvarandra.

Ett mycket enkelt sätt att åskådliggöra de magnetiska känseltrådarnas utstrålning och på samma gång deras verkan på fina järnpartiklar består däri att med

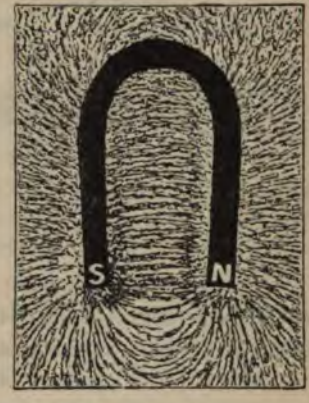


Fig. 3. Magnetiska kraftlinier framställda genom järnfilspån. Fig. 4.

ett pappersblad eller en glasskifva täcka en magnet och genom ett stycke musslin däröfver sikta fin järnfilspån, medan bladet eller skifvan sakta skakas, så att spånen lättare ordna sig. Man får då snart se, att detta sker så, som fig. 3 och 4 utvisa.

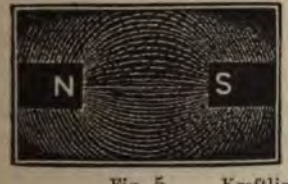


Fig. 5. Kraftliniernas riktning mellan magnetpolerna. Fig. 6.

Lägges bladet öfver två magneters mot hvarandra vända ändar, kan man af järnfilspånens gruppering tydligen få se känseltrådarnas olika sträckning, allt eftersom polerna äro lika eller motsatta (fig. 5—6).

Vi hafva hittills antagit nord- och sydpolstrådarna vara af två olika slag. Man kan emellertid äfven anse dem vara alldeles likartade men löpande i olika riktningar, nämligen vid nordpolen *ut* och vid sydpolen *in*. Sammanföras nu exempelvis två af de yttersta trådarna från hvarje pol (fig. 7), får man utanför magneten en enda fortlöpande strömriktning, och denna fullföljes tydligen äfven i dess inre, men åt motsatt håll, eftersom den antages gå in vid sydpolen och ut vid den motsatta. Det magnetiska kretsloppet blir sålunda fullständigt slutet; man kan nu säga, att de magnetiska trådarna liksom pressas fram ur nordpolen men åter dragas in genom sydpolen eller — för att taga en annan bild — att det magnetiska kraftflödet ur den förra mynningen strömmar ut i rymden men åter insuges genom den senare. Härvid må emellertid erinras, att det ju i själfva verket här icke är fråga om en rörelse i egentlig mening utan om ett fortvarande magnetiskt tillstånd; blott med detta förbehåll kunna vi tala om en *magnetisk ström*.

Om nyss angifna föreställning tillämpas på magnetens inverkan å ett järnstycke i dess närhet, måste tydligtvis enahanda förhållanden tänkas uppkomma vid dess *magnetisering*. De af magneten utsända känseltrådarna löpa följaktligen in vid järnstyckets ena ände — sydpolen — och ut vid den andra — nordpolen; det är då

Fig. 7. Kraftliniernas sammanlopp.

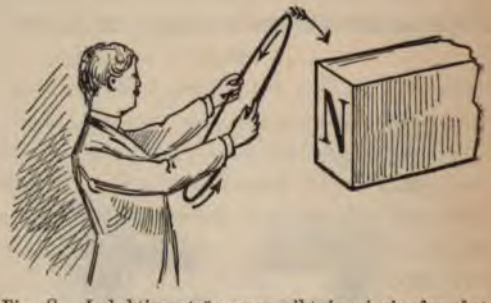


Fig. 8. Induktionsströmmens riktning i ringformigt slutna ledare.

äfven fullkomligen tydligt, att järnstyckets sydpol måste blifva den, som vändes mot magnetens nordpol, ty trådflödet strömmar ju *ur* denna senare *in* i den förra.

Den engelske fysikern Faraday, från hvilken nyss angifna, snillrika förklaring af magnetens verkan härrör, gaf åt de hittills så kallade känseltrådarna den mera vetenskapligt riktiga benämningen *kraftlinier;* det rum, som af dem genomströmmas och inom hvilket magneten således verkar, kallas *magnetiskt fält*. Ehuruväl detta kraftområde tydligtvis omgifver magneten, om ock till olika styrka, åt alla håll, menar man likväl vanligen med detta uttryck endast de delar däraf, där kraftlinierna ligga tätast, och i synnerhet mellanrummet mellan två oliknämnda poler. Dessa liniers mer eller mindre täta sammanslutning utgör ock ett mått på fältets magnetiska kraft, blott man känner måttet på verkan i en enkel linie.

År 1831 upptäckte Faraday, att elektriska strömmar kunna uppväckas i en sluten ledare, om denna sättes i rörelse inom ett magnetiskt fält, eller därigenom, att magneten flyttas fram och åter i ledarens närhet. Strömmar, som på detta sätt uppväckas af magneter — eller ock, såsom vi längre fram få se, af andra strömmar —, sägas vara *inducerade* och kallas *induktionsströmmar*, och denna verkan af magneter kallas *elektromagnetisk* (eller magnetelektrisk) *induktion*. Hur strömmen därvid går, kan inses af följande.

Håller man med båda händerna en sträckt järntråd, hvilken för öfrigt bildar en sluten ledning nedåt, vågrätt framför nordänden af en magnet och för tråden nedåt, parallellt med sig själf, så att den skär magnetfältets kraftlinier, då uppkommer däri, så länge denna rörelse varar, en elektrisk ström, som i trådens öfre del går från höger till vänster. Gör man samma experiment vid magnetens sydpol, måste man, för att enligt denna regel bestämma strömmens riktning, tänka sig vända ryggen åt magneten.

Utbyter man den långa ledningen mot en sluten ring och med denna mellan händerna ställer sig framför magnetnordpolen samt vrider ringen i den öfre böjda pilens riktning (fig. 8), induceras alltså i ringen en ström, som i öfre hälften går från höger till vänster, i den nedre tvärt om, såsom de båda pilarna utvisa; det vill säga ringen genomlöpes af en ström i motsatt riktning mot visarnas rörelse på en urtafla.

Vid ringens vridning i ena eller andra riktningen kommer den tydligen at omsluta ett större eller mindre antal af magnetens kraftlinier, beroende af ringens lutning. Man kan därför äfven säga, att i *en sluten ledare uppkommer alltid en elektrisk ström, så ofta de af denna ledare omfattade kraftliniernas antal ökas eller minskas.* Denna antalsförändring behöfver emellertid icke nödvändigt åstadkommas genom ledarens rörelse; detta kan likafullt ske genom förändring af magnetens egen kraftverkan på ett eller annat sätt.

Efter dessa förklaringar skall det blifva lätt att förstå de elektriska maskinernas sammansättning och arbete.

Strömstyrka, spänning, motstånd. Elektricitetens mätning. Elektromotorisk kraft. Den elektriska strömmen i en ledning kan i många afseenden förliknas vid en vattenström, som framrinner genom ett rör. Mängden af det vatten, som inom viss tid, låt vara en minut, passerar »tvärsektionen», som det heter, beror både af rörvidden och af den hastighet, hvarmed vattnet framrinner. Den stora, långsamt rinnande floden kan ju inom samma tid framvälta betydligare vattenmassor än den lilla bäcken, äfven om denna senare forsar mycket strid. Med *strömstyrka* i denna bemärkelse mena vi sålunda icke strömmens hastighet utan den vattenmängd, som inom viss tidsenhet (sekund, minut e. d.) framrinner genom strömprofilen. I fråga om elektriciteten betecknar uttrycket alltså den mängd elektriskt fluidum, som på tidsenheten framgår genom ledningstrådens tvärsnitt.

Strömhastigheten beror på trycket. Ur en vanlig handspruta frampressas strålen vida hastigare vid ett kraftigt tryck än för en svag framskjutning af kolfven. Men om trycket i en vattenledning öfverallt vore lika, så skulle tydligen ingen rörelse kunna äga rum. Denna kan ej uppkomma, förrän trycket blir olika vid båda ändar, således aftagande utefter ledningens hela längd. Ju större *skillnaden* är, desto större måste också hastigheten och därmed äfven strömstyrkan blifva under i öfrigt lika förhållanden.

Alldeles på samma sätt är det med elektriciteten, blott att trycket här betecknas med namnet *spänning*, hvilket uttryck emellertid i dagligt tal äfven begagnas för att beteckna *spänningsskillnaden*, d. v. s. tryckskillnaden.

Då tryckskillnaden sålunda är olika på olika punkter af ledningen, blir det nödvändigt att, till undvikande af oklarhet i framställningen, bestämma dess mått för en viss, uppgifven längd af ledningen, denna må nu antagas till 1, 10, 100 meter

etc. För elektriska strömmar angifves spänningsskillnaden vanligen för en meters ledningslängd. Men äfven vid lika tryck och samma längd måste strömstyrkan i tvenne ledningar blifva olika, därest de icke hafva samma genomloppsyta. Ett rör af dubbelt så stor ytvidd framsläpper då dubbelt så stor vattenmängd som ett annat med hälften mindre tvärprofil.

På samma sätt är det med elektriciteten. För tvenne ledningar af samma längd blir, vid lika stark spänning på längdenheten, strömstyrkan tio gånger större i den ena än i den andra, om tråden i den förra har exempelvis 10 kvmm. tvärskärning, men i den senare blott 1 kvmm.

Men liksom strömstyrkan i vattenledningen äfven kan, åtminstone i någon mån, bero af friktionen i röret, d. v. s. af rörgodsets beskaffenhet, så beror den, likvisst i jämförelsevis högre grad, vid elektriska ledningar utaf trådmaterialets större eller mindre motstånd mot strömmens framträngande eller af den s. k. *ledningsförmågan* hos trådmetallen. Denna är exempelvis vida större för koppartråd än för järntråd under i öfrigt lika förhållanden; desto större blir då äfven strömstyrkan. Olika metallers ledningsförmåga uttryckes genom siffertal, s. k. *ledningskoefficienter*, hvarvid kopparns antagits = 100.

Då strömstyrkan alltså ökas i förhållande till spänningsskillnaden, ledningens tvärsnitt och trådmetallens ledningsförmåga men minskas med ledningens längd, kan man uttrycka dessa förhållanden genom följande räkneformel:

$$\text{strömstyrkan} = \frac{\text{spänningsskillnad} \times \text{tvärsnitt i kvmm.} \times \text{ledningskoefficient}}{\text{ledningslängd i meter}}.$$

Detta uttryck kan emellertid mycket förenklas, om man med det gemensamma namnet *(lednings)motstånd* betecknar all den inverkan, som uppkommer utaf de tre faktorer, hvilka tillhöra ledningen. Vi få sålunda helt enkelt

$$\text{strömstyrkan} = \frac{\text{spänningen}}{\text{motståndet}}.^{*}$$

Detta uttryck, som efter sin upphofsman benämnes *Ohms lag*, angifver sålunda, matematiskt taladt, att *strömstyrkan är direkt proportionell emot spänningen men omvändt proportionell mot motståndet*, d. v. s. att den ökas, då spänningen ökas, men minskas, då motståndet växer. Det är ju ock naturligt, att den elektriska strömmens flöde måste befrämjas genom spänningen — trycket — men motverkas genom motståndet i ledningen.

Hvad detta senare angår, har man enligt det ofvan sagda

$$\text{motståndet} = \frac{\text{ledningslängden}}{\text{tvärsnittet} \times \text{ledningskoefficienten}}.$$

Det växer alltså med ledningens längd men aftager i samma mån, som dennas groflek och ledningsförmåga ökas.

De tre storheterna strömstyrka, spänningsskillnad och motstånd äro sålunda af största betydelse för elektrotekniken. I samma mån som elektriciteten kom till ökad användning inom industrien och det dagliga lifvet, blef det därför alltmera nödvändigt att fastställa ett allmänt, internationellt system för de elektriska och magnetiska storheternas mätning. Detta skedde vid den första stora internationella elektricitets-

* Uttrycket för korthetens skull begagnadt i stället för spänningsskillnad.

kongressen i Paris år 1881, på grundvalen af det redan förut antagna absoluta mekaniska måttsystemet, hvars grundenheter äro centimeter, gram, sekund och som därför vanligen kallas »C. G. S.»-systemet. Då emellertid dessa elektriska enheter i allmänhet äro antingen för stora eller för små att direkt användas för tekniska ändamål, fastställde samma kongress för praktiskt bruk vissa större mätningsenheter, utgörande en viss mångfald af (10, 100, 1,000 etc. gånger) de absoluta enheterna och hvilka benämndes efter framstående forskare och banbrytare på elektricitetens område, såsom Volta, Ampère, Ohm m. fl. Utan att ingå på härledningen och betydelsen af enheterna, hvilket här skulle föra oss alltför långt, skola vi endast omnämna de viktigaste och i praktiken allmännast förekommande.

Enheten för den elektriska spänningen kallas *volt* och motsvaras i det allra närmaste af spänningen uti ett vanligt Daniells element (se längre fram) med koppar och zink uti en utspädd svafvelsyrelösning. En blyackumulator besitter strax efter laddningen vanligen en spänning af nära 2 volt.

Enheten för det elektriska motståndet är en *ohm* och motsvarar motståndet i en kvicksilfverpelare af 1 kvmm. genomskärningsyta och 1,06 m. längd. Med samma tvärskärning och motstånd skulle exempelvis en koppartråd behöfva vara ungefär 55 m. och en järntråd 10 m. lång.

Enheten för strömstyrkan kallas *ampère*, och därmed menas styrkan af den elektriska ström, som med en spänning af 1 volt framflyter i en ledning med motståndet 1 ohm. Ty enligt ohmska lagen har man ju ampère $= \frac{\text{volt}}{\text{ohm}}$.

När två af de i nämnda lag förekommande storheter äro uppmätta i de angifna enheterna, kan man alltså med denna formel alltid beräkna den tredje, uttryckt i enheter enligt dess benämning.

Den elektriska energiens arbetseffekt representeras af produkten af strömstyrka och spänning. Enheten för dess mätning kallas *watt* och är således = ampère × volt. En s. k. hästkraft motsvarar 736 watt; man brukar emellertid äfven angifva en elektrisk maskins arbetsförmåga i *kilowatt*, som är lika med 1,000 watt.

Strömstyrka och spänning mätas vanligen med kontrollerade mätningsinstrument, *»ampèremeter»* (eller förkortadt: ammeter) och *»voltmeter»*. Motståndet kan antingen bestämmas genom jämförelse med bestämda normalmått, af hvilka de i handeln förekommande benämnas *motståndsrullar*, eller genom beräkning, enligt ofvan angifna formel.

I det föregående är sagdt, att den elektriska strömmen i en ledning orsakas genom spänningsskillnaden mellan dennas olika punkter. Men denna spänningsskillnad måste själf på något sätt alstras. Detta sker i själfva strömkällan. Den kraft, som där verkar och hvilken finner sitt uttryck just i frambringandet af spänningen, kan således äfven anses vara upphofvet till det elektriska flödet och kallas därför *elektromotorisk kraft*. Den betecknas ofta för korthetens skull med E. M. K. Om man ock i vetenskapligt hänseende gör en viss skillnad mellan uttrycken *spänningsskillnad*, *spänning* (*potentialskillnad*, *potential*) och *elektromotorisk kraft*, kunna de likväl, praktiskt taget, anses hafva samma betydelse och begagnas därför i allmänhet som liktydiga.

Detta komma äfven vi att göra i det följande, dock med det lilla förbehåll, att med »elektromotorisk kraft» menas den i *strömkällan* alstrade spänningsskillnaden men med »spänning» den, som förefinnes i *ledningen*.

I. Elektriska strömkällor.

Galvaniska element.

Inledning. — De äldsta elektricitetskällorna. — Konstanta element. Daniells element och dess modifikationer. Smees element. Groves element. Bunsens element. Kromsyreelement. — Element för svaga strömmar. Meidingers element. Callauds element. Leclanchés element och dess modifikationer. Klorsilfverelement. Torrstaplar. Gasbatterier. Termostaplar. Batterikoppling.

Bland alla hittills bekanta energiformer är elektriciteten den, som senast kommit till användning i människans tjänst, och detta därför, att den i naturen icke förefinnes uti en direkt användbar form eller kan på enkelt sätt framkallas ur naturföremålen, såsom händelsen är med åtskilliga andra naturkrafter. Den i åskstrålen inneboende kraften har först i våra dagar ställts till människans förfogande, och detta har skett, i motsats till andra, förut bekanta energiformer, genom förmedling af vetenskapen och dess arbete. Det må visserligen nu synas oss vara den enklaste sak i världen att ställa en zink- och en kopparplatta i saltvatten, förenade genom en ledningstråd; men äfven om man antager, att någon människa under förgångna århundraden händelsevis skulle ha kommit att göra en sådan sammanställning, så måste man högligen betvifla, att detta därjämte råkat ske just under sådana förhållanden, att dessa föranledt uppmärksammandet af trådens uppvärmning och upptäckten af orsaken därtill. Ännu mera osannolikt är, att den förste upptäckaren händelsevis skulle ha kommit att linda ledningstråden kring ett stycke mjukt järn just på sådant sätt, att den alstrade kraftströmmen utan hinder kretsat kring järnstycket och förvandlat detta till en magnet. Däremot torde friktionselektricitetens verkningar visserligen ha varit bekanta sedan årtusenden tillbaka, men den praktiska oanvändbarheten utaf denna form af elektrisk energi har utan tvifvel varit orsaken till att den icke kommit till praktiskt bruk utan endast betraktats som en kuriositet.

Kunskapen om elektriciteten samt användandet af denna naturkraft kunde därför icke komma till någon utveckling, förrän man kommit därhän att med säkerhet alstra en elektrisk ström. Därför räknar den nutida elektrotekniken sitt ursprung från den italienske vetenskapsmannen Volta, som åstadkom den första strömalstringsapparaten och därmed grundlade möjligheten att studera lagarna för elektriciteten och dessas användning för praktiska ändamål.

Innan vi gå vidare, må här några ord nämnas till förklaring af uttrycket »*energi*». Därmed menar man urkällan till alla fysiska företeelser i naturen, alltså öfverhufvud taget till alla förändringar inom den med våra sinnen förnimbara världen. Emellertid begagnas ofta det nära liktydiga uttrycket »kraft» i stället för energi,

ehuru de visserligen icke beteckna alldeles samma sak. Energien ger sig till känna under flera former, hvilka i allmänhet benämnas »naturkrafter», såsom: värme, ljus, rörelsekraft, magnetism, kemisk och elektrisk energi. De kännetecknas alla därigenom, att de åstadkomma en förändring, en verkan.

Men hvar och en af dessa energiformer kan öfvergå i hvilken som helst af de öfriga. Önskar man framställa *elektrisk* energi, har man därför endast att därtill förvandla någon annan disponibel energiform. Alstring af elektricitet är sålunda intet annat än en omvandling af energiformer, och dess teknik åsyftar förnämligast, att åstadkomma denna omvandling på förmånligaste sätt.

Till en början sökte man förvandla *kemisk* energi till *elektrisk* sådan. Kändt är, att energi frigöres vid bildandet af kemiska föreningar, liksom ock att energi förbrukas vid dessas sönderdelning. Den frigjorda energien uppträder härvid i allmänhet som värme men emellanåt äfven delvis som mekanisk energi, exempelvis i gasmotorer och sprängämnen. Under vissa omständigheter uppträder emellertid den frigjorda energien äfven som elektrisk ström, nämligen i de fall, då de båda kroppar, som ingå föreningen, kunna leda strömmen och då deras massor därjämte äro så anordnade, att elektriciteten kan utanför dem passera från den ena till den andra. Dessa fordringar tillfredsställas på enklaste sätt därigenom, att man ställer en metallstång eller metallskifva uti en frätande vätska. Den kemiska energi, som frigöres vid vätskans angrepp på metallen, sträfvar då att omsätta sig i elektricitet, men därtill behöfver den en väg, en brygga, belägen utanför de kemiska kropparna och förenande dem båda. Om man därför ställer en zinkskifva uti en utspädd svafvelsyrelösning, som anfräter zinken, så att svafvelsyrad zinkoxid bildas, samt låter en metalltråd från zinkskifvans öfre, fria ände gå ned i vätskan, så bildar denna tråd just en sådan föreningsväg, en »ledning». Till följd af vissa orsaker, på hvilka vi nu icke skola närmare inlåta oss, blir resultatet emellertid icke rätt förmånligt, förrän man jämte zinkskifvan äfven ställer en annan metallplatta, lämpligast af koppar, uti lösningen och upptill förenar dessa båda plattor med en metalltråd. Kopparplattan angripes emellertid *icke* af syran, och där frigöres alltså icke heller någon energi, men den har det dubbla ändamålet att dels leda strömmen ur vätskan till tråden, dels och i synnerhet att genom sitt förhållande till zinkplattan befrämja den kemiska energiens omvandling till elektrisk sådan, till elektricitet.

Hvad elektriciteten till sin innersta natur egentligen är, den frågan har särskildt på senare tider mycket sysselsatt vetenskapsmännen. Att närmare redogöra för deras teorier ligger icke inom ramen för vårt program. Men vi böra kanske icke underlåta att omnämna hvad för svenska läsare kan vara af intresse, nämligen att vår ryktbare landsman, professor Edlund, uppställde en omfattande teori, enligt hvilken en kropps elektriska tillstånd skulle bero på den större eller mindre mängd elektrisk eter, som kroppen innehåller. Ett öfverskott af sådan eter — detta ovägbara fluidum, som anses uppfylla världsrymden och mellanrummen mellan alla kroppars smådelar — skulle göra kroppen positivt elektrisk, en brist däraf negativt elektrisk. Denna sinnrika teori väckte på sin tid stort uppseende och har utan tvifvel varit af väsentlig betydelse för vetenskapens framsteg. Men denna har nu hunnit ytterligare ett stycke framåt och kommit till en annan uppfattning af saken. Sedan man lyckats bevisa, att andra naturfenomen, såsom ljuset och värmet, endast bero på olika slag af vibrationer i etern och kropparnas smådelar, låg det nära till hands att söka förklara äfven elektriciteten som ett slags vågrörelse. Den förste, som utvecklade en sådan

teori, var den engelske matematikern Maxwell, och dennes slutsatser hafva sedermera på experimentell väg till fullo bekräftats af den tyske fysikern Hertz, som ådagalagt, att elektricitetens fortplantning i luften sker genom vågrörelse, på samma sätt som ljusets och med lika hastighet, dock med den skillnad, att, då ljusets våglängd endast är en liten bråkdel, vid pass $\frac{5}{10000}$, af en mm., uppgår längden af en elektrisk våg till 0,6—10 m.

De äldsta elektricitetskällorna. Nyssnämnda sammanställning är den enklaste och tillika den äldsta anordning för framställning af elektrisk ström (fig. 9); den uppfanns nämligen af Volta år 1800. I ett vanligt dricksglas ställas en zinkskifva och en kopparskifva midt emot hvarandra, och glaset fylles till tre fjärdedelar med utspädd svafvelsyra. Om nu skifvornas öfre ändar förenas genom en metalltråd, så går den elektriska strömmen i tråden från kopparn till zinken men i vätskan tvärt om. Elektriciteten framströmmar sålunda i en sluten krets, och elementet verkar alldeles som en pump, som pressar in vatten genom ena änden af en rörledning men suger det tillbaka genom den andra.

Fig. 9. Voltas bägarapparat.

Denna anordning kallas ett *galvaniskt element*, de öfre, fria ändarna af metallplattorna äro dess *poler*, nämligen kopparplattans den *positiva* och zinkplattans den *negativa;* den förra benämningen begagnas också alltid för den pol, *från* hvilken strömmen utgår, den senare åter för den, *till* hvilken strömmen återvänder. Båda metallskifvorna kallas äfven *elektroder*, den positiva eller zinkskifvan särskildt *anod*, den negativa eller kopparskifvan *katod*. Till följd af båda elektrodernas beröring med vätskan uppkomma i dessas beröringspunkter *elektromotoriska krafter*, hvilka alstra en motsvarande *spänningsskillnad* mellan elementets poler.

Förutom den nyss beskrifna bägarapparaten sammansatte Volta äfven en annan elektrisk strömkälla, benämnd *Voltas stapel*, och hvilken till en början rätt mycket användes af vetenskapsmännen men numera endast har historiskt intresse. Den består af ett antal på hvarandra lagda runda skifvor i följande ordning, nedifrån räknadt: zink, kläde, genomdränkt med utspädd svafvelsyra, koppar, zink, fuktadt kläde, koppar etc., alltsammans inneslutet mellan två träbottnar, som förenas genom ett par tätt intill skifvorna anliggande glasstafvar. Öfversta skifvan, af koppar, står i beröring med en tryckskruf, vid hvilken yttre ledningens ena tråd fästes; den andra är fastlödd vid understa zinkskifvan. Hvarje koppar- och zinkskifva bilda tillsammans ett element och kunna äfven sammanlödas. Kopparskifvorna kunna äfven ersättas med sådana af silfver, guld eller platina.

Konstanta element. De nyss beskrifna Volta-elementen, äfvensom åtskilliga andra af äldre konstruktion, hafva den väsentliga olägenheten, att den elektromotoriska kraften, om ock i början ganska stark, rätt snart aftager på grund däraf, att kopparn vid strömmens genomgång öfverdrages med den genom vattnets sönderdelning alstrade vätgasen. Därigenom hindras mer och mer beröringen mellan vätskan och kopparytan

och alstras en benägenhet för motström i vätskan, en företeelse, som benämnes *polarisation* och åstadkommer ett fortgående försvagande af strömstyrkan. Denna ojämnhet i kraftutveckling omöjliggjorde under långa tider den elektriska strömmens användning för praktiska ändamål, exempelvis för telegrafering. Härtill fordrades en jämnstark ström, således bättre sammansatta element. Ett bland de fullkomligaste i detta afseende är det, som år 1838 uppfanns af Daniell.

Fig. 10. Daniells element.

Daniells element (fig. 10) består af ett i en glasburk stående, cylindriskt böjdt kopparbleck och därinuti en långsmal bägare af oglaseradt lergods. I denna bägare står en zinkstaf eller zinkcylinder, i hvars öfversta del är fäst en metalltråd eller en klämskruf, utgörande elementets negativa pol. Den positiva polen bildas af en klämskruf å kopparcylindern. Lerkärlet är nära fylldt med vatten, tillsatt med $^1/_{10}$ svafvelsyra; rummet mellan båda kärlen innehåller en lösning af kopparvitriol, d. v. s. svafvelsyrad kopparoxid. Detta salt sönderdelas af den elektriska strömmen, hvarvid den frigjorda svafvelsyran till följd af den s. k. endosmosen insuges genom den porösa lerväggen och ersätter i det inre kärlet den genom zinkens anfrätning småningom förbrukade svafvelsyran, medan kopparn utfälles på kopparcylindern, hvars beskaffenhet och verkan såsom elektrod alltså icke undergår någon förändring. Men så väl genom denna utfällning som genom det frigjorda syrets förening med vätet till vatten blir kopparvitriollösningen allt svagare och således mindre verksam. Denna olägenhet afhjälpes på enklaste sätt genom att i den yttre vätskan nedlägga bitar af kopparvitriol, hvilka småningom upplösas och sålunda ersätta förbrukningen. Strömmen blifver därigenom fortvarande »*konstant*».

Sedan uppslaget sålunda var gifvet till förbättring af de gamla elementen, konstruerades under tidernas lopp en otalig mängd nya element, dels såsom mer eller mindre afvikande anordningar af det Daniellska koppar-zinkelementet, dels såsom mera självständiga anordningar. Bland dessa nämna vi endast följande, hvilka kunna anses vara af en viss betydelse för elektroteknikens utveckling eller af särskildt nutida intresse.

Smees element företer den olikhet mot Daniells element, att i stället för kopparelektroden användes ett platina- eller silfverbleck, belagdt med s. k. platinasvamp, d. v. s. platinametall i fint fördeladt, poröst tillstånd. I öfrigt liknar elementet mera en Voltas bägarapparat, med utspädd svafvelsyra som enda vätska. De genom vätskans sönderdelning uppkommande vätgasblåsorna finna här intet fäste å den negativa elektrodens sammetsliknande svampbeläggning utan falla bort. Deras aflägsnande sker sålunda på rent mekanisk väg. Detta element uppfanns år 1840; det är enkelt men rätt dyrt, lämnar en mycket konstant ström och användes därför ganska länge inom telegrafien, till dess man där fick ännu bättre strömkällor.

Groves element åsyftar att förekomma den kraftförlust, som i Daniells element orsakas genom kopparvitriollösningens sönderdelning; för detta ändamål måste den elektriska strömmen tydligen utföra ett arbete, således förbruka en viss kraft. För åstadkommande af den till vätgasens aflägsnande erforderliga mängden fritt syre påfann därför engelsmannen Grove (1838) att i stället för kopparvitriollösningen

använda salpetersyra men måste då äfven ersätta kopparcylindern med ett platinableck, emedan kopparn anfrätes af salpetersyran. I detta element (fig. 11) står zinkcylindern ytterst och det ∞-formigt böjda platinablecket (fig. 12) innerst; detta tunna bleck är upptill fäst vid en porslinsskifva, som bildar lerkärlets lock, och är försedd med två små vinkelbleck af koppar eller mässing, omfattande en genom locket uppgående remsa af platinablecket och tjänande till fäste för klämskrufven. Det yttre kärlet innehåller svafvelsyrebadet, det inre salpetersyrelösningen, hvilken afgifver syre, som med de vid platinaelektroden frigjorda vätgasblåsorna bildar vatten. Men därigenom utspädes lösningen så småningom, och dess verkan upphör slutligen alldeles samt kan icke lika lätt återställas som kopparvitriollösningens i Daniells element. Å andra sidan är denna verkan, så länge den varar, betydligt starkare; medan den elektromotoriska kraften af ett vanligt Daniells element nämligen utgör föga mer än 1 volt, är den uti Groves element vid pass 1,65—1,9 volt. Ett sådant element lämnar jämförelsevis kraftig ström oafbrutet under tre till fyra timmar och förmår rödglödga 5 cm. fin platinatråd eller hålla en liten magnetelektrisk maskin i gång. Fyrtio element af medelstorlek, sammankopplade till batteri, förmå frambringa en liten elektrisk ljusbåge. Detta element är emellertid rätt kostsamt och de utvecklade ångorna både oangenäma och skadliga.

Fig. 11. Groves element.

Fig. 12. Platinaelektrod.

Bunsens element. Redan tidigt kom man under fund med att kol såsom elektrod är nästan lika bra som platina, och Grove hade därför nog varit betänkt på att använda detta billiga material i stället för den dyra platinan. Men den enda form, i hvilken sådant då kunde ske, var som träkol, och detta material befanns vara alldeles för poröst för sitt ändamål. Då den tyske kemikern Bunsen påfann sättet att åstadkomma hårda och täta kolplattor — hvarom mera längre fram — var därför en väsentlig fördel därmed vunnen i fråga om galvaniska elements allmännare användande. Bunsens förtjänst i detta afseende förringas icke däraf, att man sedermera lärt sig för samma ändamål använda den hårda kolbeläggning, som vid gastillverkning småningom bildas på retorternas innersida och hvilken utan synnerlig svårighet kan både sågas i skifvor och slipas. Detta retortkol utgör numera ett ganska viktigt råämne för elektrotekniken och på samma gång en värdefull biprodukt bland de många, som erhållas vid gastillverkningen.

Bunsens element hade i början en kolcylinder ytterst men ändrades snart af Archereau, så att det numera sammansättes likasom ett Groves element men med en kolplatta innerst i stället för platinablecket. Zinkcylindern står i utspädd svafvelsyra, kolplattan i koncentrerad salpetersyra (fig. 13).

Detta element användes mycket allmänt både i laboratorierna, då man behöfver starka strömmar, och inom galvanotekniken. Dess elektromotoriska kraft är nära

dubbelt så stor som ett Daniells element, eller = 1,9. Det har emellertid den obehagliga olägenheten att gifva ifrån sig stickande ångor af salpetersyrlighet, hvilka, då syran börjar taga slut, bilda kväfvande, rödbruna rökmoln. Så länge man icke hade någon bättre, kraftig strömkälla, måste man likväl finna sig i denna olägenhet och söka genom omtänksam behandling möjligast minska den.

Inom svenska telegrafverket hafva begagnats Bunsen-element af modifierad sammansättning och med kolcylinder ytterst, stående i utspädd svafvelsyrelösning, stundom med en ringa tillsats af surt kromsyradt kali. I den inre lercellen står ett zinkstycke af korsformig tvärskärning nedsatt i vatten, innehållande litet svafvelsyra eller chilesalpeter.

Fig. 13. Bunsens element.

Fig. 14. Grenets element.

Kromsyre-element. Redan samma år som Bunsen uppfann sitt element föreslog den bekante fysikern Poggendorff i Berlin att ersätta salpetersyran med kromsyra, som likaledes har den egenskapen att lätt sönderdelas och afgifva syre. Men då ren kromsyra är ett ganska dyrt preparat, använde Poggendorff en lösning af surt kromsyradt kali eller, som det äfven kallas, kaliumbikromat. Genom tillsats af svafvelsyra, som förenar sig med kalit, frigöres kromsyran, hvilken med en del af sitt syre förvandlar vätgasblåsorna vid elektroden till vatten, medan resten i form af kromoxid jämte svafvelsyran och kalit bildar s. k. kromalun.

I jämförelse med de båda föregående elementen hafva kromsyreelementen fördelen att vara luktfria och vid polerna åstadkomma en högre grad af elektrisk spänning, men deras verkan är icke lika varaktig, en sak som emellertid för vissa ändamål är af mindre betydelse än frånvaron af kväfvande gaser vid användningen. En annan viktig fördel är den, att man icke behöfver något inre lerkärl; zink- och kolplattan kunna båda ställas i samma kemiska vätska, och detta medför stor lättnad vid elementets behandling och rengöring. Användandet af kromsyrelösning har därför varit af väsentligt inflytande på utvecklingen af de galvaniska elementens konstruktion. Då denna lösning emellertid angriper zinken, äfven om strömkretsen icke är sluten, inrättar man dessa element så, att elektroderna eller åtminstone zinken kunna uttagas ur vätskan, då elementet icke vidare skall begagnas.

En ganska bekväm och omtyckt konstruktion af detta slag är *Grenets element* (1856), fig. 14. Det består af en glasflaska med vid, rak hals, upptill täckt med ett ebonitlock, från hvars undre yta två parallella kolplattor nedhänga i vätskan. Den ena af dessa plattor står i förbindelse med en klämskruf på lockets öfre yta, i hvars midt befinner sig en metallhylsa, omslutande en skjutbar mässingsstång. Stångens nedre ände är fäst vid den mellan båda kolplattorna och parallellt med dessa anbragta zinkskifvan, hvilken sålunda kan dragas upp ur eller föras ned i den uti flaskans undre del befintliga kromsyrelösningen.

Detta element är därför mycket bekvämt att begagna och alltid i brukbart skick; dess elektromotoriska kraft är ungefär = 2,1. Vill man hafva ännu starkare

ström, göres elementet större och med flera elektroder. Sådana stora Grenet-flaskor hafva vanligen tre kolplattor och två zinkskifvor med särskild inrättning för höjning och sänkning. Grenets element användas i synnerhet gärna till åstadkommande af elektriskt ljus för kortare tid, exempelvis till demonstrering vid föreläsningar, vid medicinska undersökningar af människokroppens inre o. d. Ett par element kunna hålla en glödlampa lysande under några timmars tid. Mera omfattande resultat kan man dock icke vänta af kromsyreelementen, ehuruväl flerfaldiga försök blifvit gjorda att för sådant ändamål använda dem i större skala. Det mest storartade i denna väg var belysningsanordningen i Comptoir d'Escompte i Paris, där man hade uppställt 60 batterier, hvardera om 48 element, hvilka matade flera hundra glödlampor och åtskilliga båglampor. Men hela inrättningen befanns vara alldeles för invecklad och måste inom kort borttagas, ett slående bevis på olämpligheten af vare sig kromsyre- eller andra galvaniska element såsom strömkällor för elektrisk belysning i större skala.

Ehuru vi längre fram återkomma till en fullständigare behandling af ämnet, kan det måhända vara på sin plats att med anledning häraf redan å detta ställe nämna några ord om batterier för *elektrisk belysning*, till förekommande af misslyckade och nedslående försök med sådana anordningar på egen hand. Det kan ju mången gång vara rätt frestande att försöka sig på en sådan liten anläggning. Man skulle till exempel på en herrgård gärna vilja ha några glödlampor i ett par rum, och det skulle ju vara så bekvämt att exempelvis i förstuga, matsal och sängkammare blott behöfva trycka på en knapp för att när som helst få ljus. Men en ångmaskin med elektrisk »dynamo» blefve en alldeles för kostsam affär, hvaremot ett eller annat dussin galvaniska element, ställda någonstädes i en skrubb, väl icke vore »hela världen», äfven om det sålunda framställda elekriska ljuset kanske blefve litet dyrt.

Uppgiften är onekligen frestande, och därför är det heller icke få elektrotekniker, som försökt sig på dess lösning, d. v. s. på sammanställningen af ett galvaniskt belysningsbatteri i stånd att tillfredsställa billiga anspråk. Men hittills har ännu ingen gått i land därmed, och på kemiens nuvarande ståndpunkt synes det icke heller sannolikt, att man skall lyckas. Alla hittills utförda försök ha misslyckats, icke blott därför, att det sålunda framställda ljuset blir alldeles för dyrt, utan äfven och i synnerhet därför, att sådana batterier kräfva omsorgsfull och sakkunnig tillsyn men detta oaktadt alltid förblifva till en viss grad opålitliga. Härmed vare emellertid ingalunda sagdt, att icke framtidens elektroteknik möjligen skall kunna lösa problemet, och därför må ju vetenskapligt utförda försök alltid hafva sitt berättigande. Men klandervärdt är, att sluga »uppfinnare» af »ofelbara belysningsbatterier» samvetslöst ockra på allmänhetens godtrogenhet och trängtan efter »mera ljus». I Amerika, England, Tyskland och Frankrike ha sådana spekulanter plockat ofantliga penningsummor ur kapitalisternas fickor, ja, det hade på denna bas utbildat sig ett formligt plundringssystem, som i många fall medförde mycket sorgliga följder för de stackars lurade bolagsmännen.

Element för svaga strömmar. Dessa hafva i främsta rummet funnit användande inom telegrafien, där man från första stund begripligtvis gärna ville hafva möjligast billiga, enkla och pålitliga strömkällor. Så enkel denna uppgift än syntes vara, har dess lösning likväl kostat många års träget arbete. Till en början användes, som ofvan nämndt är, Smees element och sedermera äfven Daniells element, hvars goda

egenskaper man på hvarjehanda sätt sökte förbättra. Dessa försök gåfvo upphof åt ett stort antal svagström-element, af hvilka vi här omnämna endast de viktigaste och mera allmänt använda.

Meidingers element torde bland dessa element vara det, som åtminstone i vårt land funnit största användning. Mot Daniells element i dess ofvan beskrifna form anmärkte telegrafingeniörerna, att lerbägaren var en alltför bräcklig beståndsdel, att påfyllningen af kopparvitriol var besvärlig m. m. d. Dessa olägenheter aflägsnades af professorn i Karlsruhe, Meidinger, som år 1859 vidtog följande sinnrika förändring af detta element, hvilket emellertid därigenom kan sägas ha blifvit alldeles nyskapadt och således med rätta bära uppfinnarens namn. Zinkelektroden anbringas ofvanför men icke utomkring och parallellt med kopparelektroden samt omgifves af en vätskeblandning, som är specifikt lättare än kopparvitriollösningen och följaktligen håller sig ofvanpå denna senare, liksom olja på vatten. Då behöfs ingen porös skiljevägg mellan båda lösningarna.

Element konstruerade enligt denna grundsats, d. v. s. med tvenne olika tunga vätskor, af hvilka den ena flyter ofvanpå den andra, kallas äfven *jämviktselement*. Med tillämpning häraf har Daniells element blifvit på olika sätt anordnadt af Meidinger, Minotto, Callaud och lord Kelvin (sir W. Thomson). Vi skola här beskrifva några af dessa element.

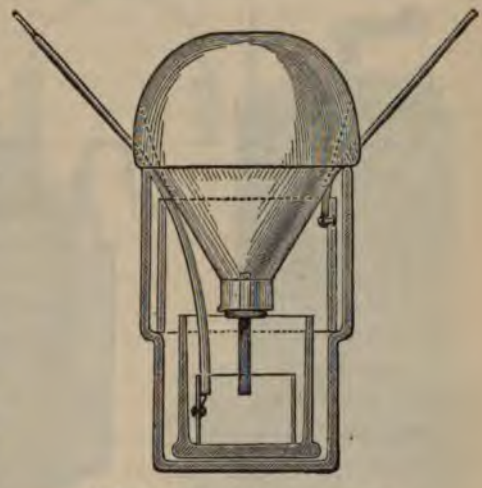


Fig. 15. Meidingers element.

Den konstruktion af Meidinger-elementet, som numera allmännast förekommer, synes af fig. 15. Glasburken har formen af en cylinder, hvars öfre del är något vidare än den undre och således har en invändig afsats, hvarå zinkcylindern ställes. På burkens botten står ett glas, innehållande en på kant ställd kopparring, med därvid fastlödd, uppåt gående ledningstråd, isolerad genom guttaperkabeläggning. En dylik tråd är äfven förenad med zinkcylindern. Burken tillslutes med en glasballong, hvars undre, trattformiga del räcker ned till det inre glasets öfre rand och där täppes af en kork med isittande glasrör. Ballongen är fylld med bitar af kopparvitriol, glaskärlet innehåller en lösning af engelskt salt, d. v. s. svafvelsyrad magnesia, hvilken genom glasröret tränger ett stycke upp i ballongen och småningom upplöser kopparvitriolen. Den därigenom bildade kopparvitriollösningen sjunker ned i det inre glaset men stiger slutligen upp till glasrörets undre mynning. Så länge denna lösning håller sig koncentrerad, tager vätskan icke vidare till sig någon kopparvitriol; men i samma mån den försvagas, till följd af elementets elektriska arbete, angriper den å nyo koppparvitriolen i glasballongen och »mättar sig» ur detta förråd. I öfrigt verkar vitriollösningen på vanligt sätt till skyddande af kopparelektroden, medan den ur bittersaltlösningen frigjorda svafvelsyran anfräter zinken.

Detta självmatande element är förträffligt öfverallt, där det gäller att under lång tid vidmakthålla en oförändrad, svag ström, ty det kan utan tillsyn arbeta i

månader. Vid behandlingen af telegraftekniken skola vi längre fram finna, af hvilken betydelse just denna egenskap är med hänseende till denna tekniks fordringar.

Callaud-elementet utgör en förenkling af Meidingers konstruktion och förskrifver sig från år 1861. Äfven detta element har funnit vidsträckt användande inom telegrafien. Det inom tyska rikstelegrafväsendet förekommande elementet har följande sammansättning (fig. 16). I en cylindrisk glasburk nedhänger från öfre randen en zinkcylinder ungefär till halfva höjden. På bottnen ligger en blyskifva, försedd med en uppåtgående ledningsstång. Nedre hälften af burken innehåller en lösning af kopparvitriol, den öfre en bittersaltlösning; eller ock lägger man på bottnen i kärlet ett lager af sönderstött kopparvitriol och häller där ofvanpå en lösning af zinkvitriol (svafvelsyrad zinkoxid). Blyplattan verkar som en kopparelektrod, ehuru till en början svagare, men detta betyder ingenting, ty den genom strömmens inverkan på vitriollösningen utfällda kopparn lägger sig på blyskifvan och förvandlar denna

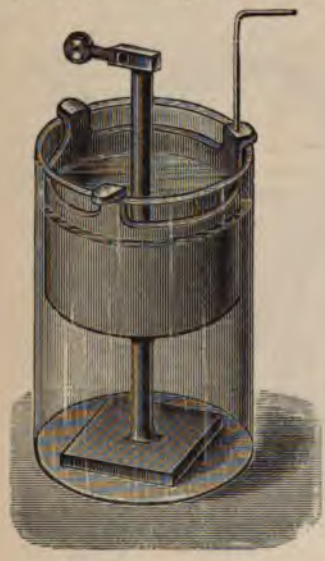


Fig. 16. Callaud-element.

Fig. 17—18. Leclanchés element.

sålunda till en kopparelektrod. Kopparvitriollösningen håller sig, till följd af sin tyngd, i kärlets nedre del, och man behöfver endast tillse, att den icke når upp ända till zinkcylindern.

Leclanchés element och dess modifikationer. I likhet med koppar-zinkelementet har äfven kol-zinkelementet varit föremål för ändringskonstruktioner i syfte att göra detsamma mera användbart inom telegrafien. Den ändringsform, som vunnit allmännaste erkännande, är det af fransmannen Leclanché år 1868 uppfunna brunstenselementet. Brunsten utgör, som bekant, en förening af mycket syre med metallen mangan, hvilken på kemiens språk kallas mangansuperoxid och under vissa förhållanden lätt afgifver en god del af detta syre. Detta mineral kan följaktligen i ett galvaniskt element användas till syrsättning af den uppkommande vätgasen, d. v. s. att förvandla densamma till vatten, och detta föreslogs redan år 1843 af de la Rive. Men det var först Leclanché, som lyckades att framställa ett brukbart element af detta slag. Det var sammansatt på följande sätt (fig. 17). I en lerbägare nedsättes en kolplatta, upptill försedd med pågjuten blyhuf och klämskruf; kring

plattan packas en blandning af krossad brunsten och koks, dock så att den icke når helt upp till randen, där tomrummet ifylles med smältande beck, till förekommande af innehållets utspillande. Lerkärlet nedsättes i en fyrkantig glasburk, delvis fylld med en nära mättad salmiaklösning och i hvars ena hörn står en zinkstång, som räcker upp öfver burkens hals och här är försedd med fastlödd ledningstråd. Den fyrkantiga formen af glaskärlet valdes för att på bästa sätt tillgodogöra utrymmet, när elementen skola sammanställas till ett batteri i en låda, ett skåp eller dylikt. En annan form af Leclanché-elementet visar fig. 18.

När yttre ledningen slutes, arbetar detta element, i korthet sagdt, på följande sätt. Salmiaken sönderdelas i klor, som förenar sig med zinken till »zinkklorid», och ammonium, som emellertid i sin ordning sönderfaller i ammoniak, hvilken bortgår i gasform — det känns på lukten —, och vätgas, hvilken tager till sig en del af brunkolets syre och därmed bildar vatten. Det kemiska förloppet går emellertid i själfva verket icke så lätt och enkelt för sig, och särskildt låter icke brunkolet under alla förhållanden så villigt plundra sig af vätgasen. Detta element förmår därför icke under någon längre tid bibehålla full verkningskraft, denna aftager desto fortare, ju mera den ansträngs. Men elementet återhämtar sig snart, om det får hvila någon tid, och det är därför synnerligen lämpligt vid sådana tillfällen, då man med vissa mellantider behöfver blott en kortvarig elektrisk ström, exempelvis för elektriska ringledningar och telefonledningar. För sådana ändamål användas numera milliontals Leclanché-element, och det är då ganska naturligt, att deras tillverkning utgör föremål för en rätt betydande industriell verksamhet, liksom ock att den ursprungliga konstruktionen härvid undergått åtskilliga förbättringar.

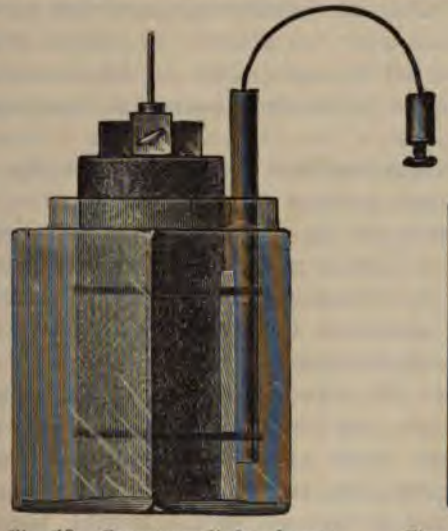


Fig. 19. Brunsten-cylinder-element.

Fig. 20. Fleischers element.

Först och främst sökte man att genom tillsats af något bindemedel förvandla *den kornformiga* brunstenskoksblandningen till en fast massa, mera bekväm att handhafva. Efter åtskilliga försök med tegelformiga plattor lyckades man slutligen att af denna massa tillverka hela cylindrar, hvilka samtidigt kunna göra tjänst som elektrod, afledare och »depolarisator», d. v. s. till aflägsnande af den polariserande vätgasen. Ett sådant *brunsten-cylinder-element* afbildas i fig 19. Cylindern är upptill försedd med en prismatisk ansats för klämskrufvens fästande. Vid densamma fasthålles zinkstafven medelst gummiband men skild därifrån genom ett mellanlägg af trä eller porslin.

En ytterligare förbättring vidtogs af den tyske telegrafingeniören Fleischer, som ersatte zinkstafven med en zinkcylinder, upphängd å glaskärlets öfre rand, liksom

i Callauds element (fig. 20). Den arbetande zinkytan blir därigenom betydligt större och motståndet inom elementet mindre. Kolcylindern förses nedtill med ett fotstycke, i det närmaste af samma vidd som glasburkens inre, och kan därigenom alltid hållas på samma afstånd från zinkcylindern.

Klorsilfverelement ha visserligen hittills icke funnit synnerlig användning till annat än hvad man skulle vilja benämna elektriska leksaker, såsom glimmande bröstnålar o. d., men torde likväl böra med några ord omnämnas. Användandet af klorsilfver såsom elektrod föreslogs först af den franske vetenskapsmannen Marié-Davy, år 1859, och bragtes till sin höjdpunkt af W. de la Rue, som sammansatte ett batteri af ej mindre än 11,000 element i ändamål att därmed studera högre spänningsgrader. Han lyckades emellertid därmed icke åstadkomma elektriska gnistor af mer än en half centimeters längd, hvadan således detta jättebatteri i fråga om elektrisk spänning öfverträffas till och med af en vanlig liten elektricitetsmaskin. De la Rues element består af en silfvertråd, instucken uti en hylsa af klorsilfver, omlindad med pergamentpapper och nedsatt i ett profrör, fylldt med koksaltlösning, hvari en zinkstaf räcker ned till rörets botten. I mån som zinken angripes af kloren, afsätter sig metalliskt silfver på katoden, på samma sätt som koppar utfälles i Daniells element.

Sådana element kunna emellertid anordnas på åtskilliga sätt och lätt sammanställas till ett litet batteri, ej större än att det får rum i en flat ask, som bekvämt kan bäras i en bröstficka och genom en fin trådledning förenas med en liten glödlampa i en bröstnål e. d.; genom tryckning på en kontaktfjäder bringas lampan att glimma. På liknande sätt frambringas de blixtrande ljuseffekter, som man ibland får skåda på teatern, i spökscener, i balettdansösernas plötsligt tindrande juvelsmycken, i bålda riddares flammande svärdsklingor o. d.

Torrstaplar. Men för sådant användande och ännu mera för vissa tekniska ändamål kan det tydligen vara mycket önskvärdt, om ej rent af nödvändigt, att hafva elektriska element, hvilka icke blott nöja sig med ringa utrymme utan äfven kunna tillslutas fullkomligt tätt, ja, om möjligt utgöra blott en enda fast massa. För att här nämna endast ett exempel må man betänka, hur de stora oceanångarna, hvilka naturligtvis måste hafva ett fullständigt system af ringledningar, skulle riskera att äfven vid svag sjögång få dessa ledningar satta ur tjänstbart skick, om deras elektricitetskälla utgjordes af vanliga Leclanché-batterier, hvilkas vätskeblandningar snart skulle skvalpas ur.

Man försökte därför konstruera s. k. *torrstaplar*, till en början genom att fylla Leclanché-elementens glasburkar med sågspån, såsom uppsugningsmaterial för salmiaklösningen, samt täcka öfre öppningen med en igjuten beckplatta. Lord Kelvins »sågspånsbatteri» består sålunda af vanliga Daniells-element, fyllda med sågspån till uppsugande af vätskan. Men sådana element befunnos dock icke rätt nöjaktiga; andra uppsugningsmaterial försöktes, utan att man likväl lyckades fullt häfva gasutvecklingen och däraf härflytande olägenheter. Då hittade man på att genom tillsats af gelatin, lim e. d. förvandla vätskan till ett gelé, och på denna väg lyckades det slutligen att verkligen vinna ett ganska tillfredsställande resultat. Bland de första element af detta slag, som vunnit allmännare användning, må nämnas Gassners i Mainz, hvilket är fylldt med en deg af salmiak, zinkoxid och neutrala blandningsämnen, öfvergjuten med beck, så att alltsammans bildar en torr, fast massa, omslutande kolelektroden och själf innesluten i en zinkdosa, som tillika utgör elektrod. Men

zinkens användande på sådant sätt, i tvenne ändamål, medför först och främst den olägenheten, att elementen i samma batteri måste väl isoleras från hvarandra; i annat fall uppkommer genom två zinkdosors beröring med hvarandra hvad man kallar »kortslutning», d. v. s. strömkretsen slutes inom elementet, detta deltager då icke i batteriets verksamhet men förstör snart sig självt. Vidare måste zinkplåten tagas ganska tjock, emedan den starkt angripes på vissa ställen och eljest skulle snart genomfrätas och låta den fuktiga degmassan sippra ut. Man återgick därför till begagnande af särskilda kärl men använde då, i st. f. glas, ebonit eller s. k. »Allerweltsstoff» — papper öfverdraget med lackfernissa.

Då sådana torrelement icke behöfva sakkunnig tillsyn eller oftare påfyllning, äro de särdeles värdefulla, företrädesvis för inomhus-ringledningar samt inom militär-telegrafien. De förekomma också af ganska många olika slag, både bättre och sämre. Erinras bör, att egenskapen »torr» endast har afseende på deras yttre; ty i det inre måste alltid någon fuktighet finnas, i en eller annan form, till underhållande af förbindelsen mellan elektroderna.

Gasbatterier. Redan strax efter Voltas upptäckt gjorde Carlisle och Nicholson (1800) den iakttagelsen, att, såsom vi äfven i det föregående haft tillfälle att anmärka, vatten sönderdelas af strömmen från ett Volta-element. Ställer man två platinableck i svagt syrehaltigt vatten och förenar dem med en tillräckligt stark strömkälla, exempelvis två Bunsen-element, så uppkomma på båda blecken en mängd små blåsor, å det ena af syrgas, å det andra af vätgas, det senare alltid vid den negativa polen, det förra alltid vid den positiva. Om man, sedan strömmen fått verka en stund, i stället för Bunsen-batteriet insätter i ledningen en strömvisare-apparat, s. k. *galvanometer* (se längre fram), så finner man, att en elektrisk ström, ehuru af kort varaktighet, fortfarande framgår däri, påtagligen nu alstrad af platina-blecken såsom strömkälla. Men denna ström går i alldeles motsatt riktning mot den förra, d. v. s. den positiva strömmen går nu ut från samma platinableck, hvari den förut gick in. Orsaken till denna strömalstring måste sökas i gasbubblorna, ty platinablecken visa ingen annan förändring än beläggningen med dessa bubblor. Den starka frändskapen mellan syre och väte gör, att dessa gasblåsor sträfva att åter förena sig med hvarandra till vatten, och därvid uppkommer en svag ström. Vi skola längre fram lära känna, huru den nyare tekniken vetat att till sin icke ringa fördel använda detta förhållande. Här vilja vi blott nämna, att man till en början sökte begagna sig däraf för konstruktion af s. k. *gasbatterier*, hvari zink- och kopparplattorna ersattes genom vätgas och syrgas. Det första element af detta slag sammanställdes af Grove och bestod af en glasflaska med tre halsar, den mellersta täppt med en kork, de båda andra försedda med långa, tätt passande glasrör, räckande ett stycke ned i flaskan och tillslutna i öfre änden. I hvardera röret finnes en smal platinaremsa, som räcker nästan ned till rörets undre mynning samt genom en vidlödd platinatråd står i förening med en strax ofvanom rörets öfre ände befintlig liten kvicksilfverskål eller en klämskruf, hvarifrån ledningstrådarna gå vidare. Flaskan fylles med utspädd svafvelsyra, korkas och omvändes, så att vätskan äfven rinner ned i rören. När den åter ställes rätt, förblifva rören fyllda, ty luften har nu samlat sig i flaskans öfre del och håller genom sitt tryck jämvikt med vätskepelarnas tyngd. Inkopplar man nu en strömkälla i ledningen, så utvecklas genom vätskans sönderdelning syrgas i det ena röret och vätgas i det andra, under det att vätskepelarna alltjämt sjunka, i det senare röret dubbelt mot i det förra. Sedan elementet sålunda

blifvit laddadt, kan det i sin ordning användas som strömkälla, hvarvid de båda gaserna småningom förbrukas och rören åter fyllas med vätska. Dessa gaser behöfva emellertid icke först alstras genom sönderdelning af vätskan uti flaskan utan kunna på annat sätt framställas och från särskilda förvaringskärl inledas hvar i sitt rör.

Detta batteri är visserligen mycket intressant ur rent vetenskaplig synpunkt men har icke kunnat vinna användning för praktiska ändamål.

Termostaplar. Såsom uti inledningen omnämndes, är det vid elektricitetens alstring på mekanisk väg, med hjälp af ångkraften, egentligen det genom kolens förbränning uti eldstaden åstadkomna värmet, som, uti ångmaskinen omsatt till rörelseenergi, blir genom dynamomaskinen förvandladt till elektrisk sådan. Uppenbart är, att det vore en stor fördel, om man kunde slippa det där mellanförvandlingsstadiet och direkt omsätta värme till elektricitet. Också är det icke få uppfinnare, som försökt sig på den saken, ehuru hittills blott med måttlig framgång. Emellertid hoppas man, att problemet likväl slutligen skall kunna lösas på ett praktiskt tillfredsställande sätt, och tror sig därför äga en borgen i den lilla apparat, som benämnts *termo-(elektriskt)element.*

Fig. 21. Termoelement.

Den tyske fysikern Seebeck gjorde år 1822 den iakttagelsen, att, om två olika metaller äro så sammanlödda, att de bilda en sluten ledning, en elektrisk ström kan uppkomma, om ena lödningsstället uppvärmes. I fig. 21 är *op* en antimon- eller vismutskifva, vid hvilken en kopparbygel *mn* är fastlödd i båda ändar; mellan båda skifvorna kan en magnetnål fritt svänga kring en liten spets. Om den lilla apparaten ställes så, att magneten ligger parallellt med skifvornas kantlinier, finner man, att den afviker rätt betydligt, om lödstället *o* vidröres med handen och ännu mera om det uppvärmes med en spritlåga. Detta tillkännagifver en elektrisk ström, som från *o* går genom kopparremsan till *p* och vidare genom antimonskifvan tillbaka till *o*.

Sker uppvärmningen vid *p*, så vrider sig nålen åt motsatt håll, d. v. s. att strömmen går i motsatt riktning. Man har sålunda funnit, att metallerna kunna ordnas i en bestämd följd, utvisande den riktning, hvari, då två bland dem på nämnda sätt förenas, strömmen alltid flyter, när ena lödstället uppvärmes. Strömmen uppkommer endast vid olika värmegrad mellan föreningsställena, således då en sträfvan förefinnes inom elementet att genom värmeöfverströmning till den kallare delen utjämna temperaturskillnaden. Gifvet är, att man äfven kan framkalla bådadera genom att afkyla ena lödstället, i hvilket fall strömmen naturligtvis går i motsatt riktning mot vid dess uppvärmning. Den samtidiga och likriktade elektriska strömmen kan alltså anses uppkomma genom delvis omvandling af värme till elektricitet.

På hvad sätt denna omvandling af värmeströmmen äger rum och hvad som egentligen orsakar den, det har vetenskapen emellertid hittills icke lyckats utröna, hvilket likväl icke hindrat fenomenets praktiska tillgodogörande, ehuru tills vidare blott för alstring af svagare elektriska strömmar eller att genom uppkomsten af sådana strömmar påvisa och mäta temperaturförändringar. Bland de för sådant

ändamål konstruerade s. k. *termostaplar* är Gülchers en af de nyaste och bästa (fig. 22). Den består nederst af ett antal vertikala nickelrör, i två parallella rader, upptill försedda med en krans af fina utströmningshål och nedtill förenade med ett gasledningsrör. På dessa rör stå ett antal skifvor af en antimonlegering, hvilka jämte nickelrörens ändar upphettas af de små gaslågorna. I dessa båda metaller uppkommer därigenom en termoelektrisk ström hela stapeln utefter, ty hvarje antimonskifva är genom en kopparremsa förenad med nästa elements nickelrör. Gasförbrukningen är jämförelsevis ringa, men stapelns verkan rätt betydlig; en större sådan anses ungefär lika stark som två Bunsen-element. Den lämpar sig i synnerhet för laboratorier, smärre galvanotekniska behof, elektromedicinska ändamål o. d. och är ju synnerligen bekväm att använda. Man behöfver blott öppna en gaskran och tända på för att inom 10 minuter få en elektrisk ström om nära 4 volt.

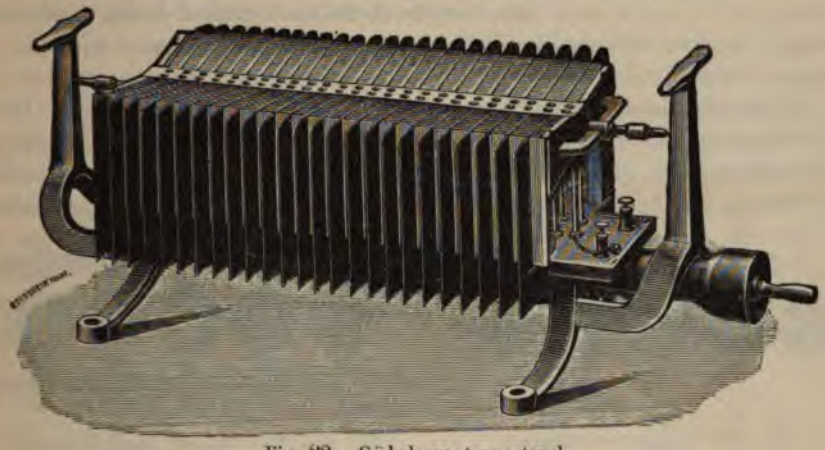


Fig. 22. Gülchers termostapel.

Batterikoppling. Då flera galvaniska element sammanställas till gemensam verkan, sägas de bilda *ett galvaniskt batteri* och kunna förenas eller »kopplas» med hvarandra på olika sätt. Alltefter ändamålet använder man det ena eller det andra. För att bättre klargöra deras olika verkningssätt må vi än en gång föreställa oss, att ett galvaniskt element arbetar likt ett pumpverk: vid den positiva polen pressas strömmen ut i den yttre ledningen, genomgår denna och alla däri insatta ledande föremål samt återgår och liksom inpumpas vid den negativa polen. Inom elementet trycker den med nämnda pol förenade elektroden (zinkelektroden) den insugade strömmen fram genom vätskan till den positiva polens elektrod o. s. v. Om nu den positiva polen i ett element förenas med den negativa i ett annat (fig. 23), måste tydligen de båda negativa polernas sugverkan förstärkas genom de positivas tryckverkan. De båda elementen verka således i samma riktning, sägas därför vara kopplade *efter hvarandra* eller i *serie*. Därmed menas alltså den koppling, då ett elements positiva pol förenas med den negativa polen af ett annat.

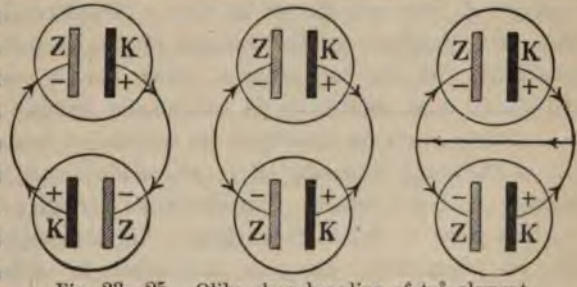


Fig. 23—25. Olika slags koppling af två element.

Om man däremot förenar de liknämnda polerna inbördes (fig. 24), måste deras verkningar tydligen motarbeta hvarandra och detta så, att, om elementen äro lika starka, ingen ström kan uppkomma. Men insätter man i ledningen en tredje tråd (fig. 25), som förenar båda trådarna mellan de liknämnda polerna, då blir förhållandet ett annat. De båda positiva polernas tryck drifver nu strömmen ut i denna mellanledning, och denna framströmning påskyndas genom den i samma lednings motsatta ände verkande dubbla sugkraften från de båda negativa polerna. En sådan förening kallas *parallelkoppling*. Hur dessa båda kopplingsarter tillämpas vid batterier af flera element, synes af fig. 26, 27.

Dessa kopplingars olika verkan kan förklaras på följande sätt, ur liknelsen med pumpverket. Sammanställas fem pumpar så, att den enas tryckrör förenas med den andras sugmynning (fig. 26), måste samma vattenmängd tydligen genomströmma dem alla; om hvar och en af dem kan fortskaffa exempelvis 1 kubm. i minuten, så pumpa de alla fem tillsammans likväl icke fram mer än 1 kubm. i minuten. Men om hvarje pump för sig förmådde trycka vattnet 1 m. högt upp i ett rör, så är tydligt, att de allesammans skulle kunna pressa upp det till 5 meters höjd. Om man däremot låter de fem pumparnas alla tryckrör utmynna i ett gemensamt afloppsrör och deras sugrör i ett likaledes gemensamt tilloppsrör (fig. 27), då insuger och frampressar hvarje pump tydligen 1 kubm. vatten i minuten; i den gemensamma ledningen

Fig. 26. Fem element seriekopplade.

Fig. 27. Fem element parallelkopplade.

framströmma således på denna tid 5 kubm. vatten, men blott med 1 m. presshöjd. Genom koppling *i serie* ökas således icke vattenmassan men presshöjden; genom *parallelkoppling* sker alldeles motsatsen.

Tillämpadt på elektriska batterier, vill detta säga, att vid seriekoppling ökas den elektromotoriska kraften i förhållande till elementens antal, så att exempelvis för fem lika kraftiga element spänningsskillnaden mellan de båda fria ändpolerna är 5 gånger så stor som för ett af dem. Det elektriska trycket får 5 gånger så många *volt*. Vid parallelkoppling däremot förblir spänningen för hela batteriet fortfarande densamma som för ett element. Men hur är det då med strömstyrkan, d. v. s. den mängd elektricitet, som på tidsenheten framgår i ledningen?

Denna beror ju visserligen af spänningen men också af motståndet i ledningen, och detta enligt Ohmska lagen på sådant sätt, att den ökas med den förra men minskas med det senare. Motståndet är härvidlag dels inre — inom batteriet själft —, dels yttre — uti ledningstråden. Vid seriekopplingen måste strömmen genomlöpa alla fem elementen; det inre motståndet är alltså fem gånger så stort som i ett element, och därtill kommer sedan det yttre. I parallelkopplingen äger däremot ingen sådan motståndsökning rum; strömmen passerar samtidigt alla fem elementen, har så att säga en 5 gånger bredare väg att komma fram på, motståndet är endast femtedelen så stort som vid seriekopplingen. Den elektriska strömmen blir därför 5 gånger starkare, mäter 5 gånger så många *ampère*.

Sammanställa vi detta resultat med det föregående, så blir slutsatsen i fråga om de olika kopplingsmetoderna alltså den, att

vid *seriekoppling* ökas det inre motståndet, men äfven spänningen, i förhållande till elementens antal,

vid *parallelkoppling* ökas icke spänningen, men aftager motståndet i förhållande till elementens antal.

För att med ett visst antal element erhålla största strömstyrka bör man således, om yttre motståndet är stort, använda seriekoppling; det ökade motståndet inom batteriet har då ingen nämnvärd betydelse, men den starkare spänningen betyder mycket. Är det yttre motståndet däremot ringa, skulle en seriekoppling skapa ett ganska skadligt inre motstånd till minskande af den elektromotoriska kraften; då är tjänligast att använda parallelkopplingen, genom hvilken denna kraft visserligen icke mångdubblas men motståndet i stället minskas.

Med ett visst antal element erhålles alltid det bästa resultat, om de sammanställas så, att det inre motståndet blifver möjligast lika med det yttre.

Detta kan emellertid icke alltid ske genom *alla* elementens koppling på ettdera af de båda nyss uppgifna sätten. Man har därför äfven s. k. *blandade* kopplingar, d. v. s. man delar batteriet i två eller flera lika stora grupper, hvar för sig seriekopplade men inbördes förenade genom parallelkoppling, och vi skola framdeles finna, att man ganska mycket använder sådana på hvarjehanda sätt anordnade »elektricitetspumpar». Här må blott slutligen anmärkas, att sådana kopplingar förekomma icke blott vid galvaniska batterier utan äfven i fråga om förening af ledningar eller apparater.

Dynamomaskinen.

Inledning. — Magnetelektriska maskiner. — Den dynamoelektriska principen. — Den första dynamon. — Pacinottis eller Grammes ring. — Järnkärnan. — Grammes dynamo. — Truminduktorn. — De nyare dynamomaskinerna. — Kommutatormaskiner. — Skifdynamos. — Andra dynamomaskiner för likriktad ström. — Växelströmmaskiner. — Dynamomaskiners strömledningar. — Dynamomaskiners industriella verkningsgrad.

Såsom redan uti inledningen blifvit framhållet, var det förnämligast galvanoteknikens samt den elektriska belysningens behof af elektricitet till billigare pris, som slutligen ledde till konstruktionen af dynamomaskinen, och denna uppfinning möjliggjordes först genom mångåriga förarbeten af vetenskapsmän och uppfinnare. Låtom oss här taga en hastig öfverblick af dessa arbetens utvecklingsgång.

På den elektriska utställningen i Wien år 1833 såg man i den danska afdelningen bland annat en liten kompass, helt anspråkslöst ställd i en vrå. De flesta besökare torde ha alldeles förbisett den lilla tingesten, men med rätta borde den ha intagit hedersplatsen å hela utställningen. Ty från denna kompass kan hela den moderna elektrotekniken anses leda sitt ursprung. Det var nämligen å detta lilla instrument, som den danske vetenskapsmannen Örsted år 1819 först iakttog den elektriska strömmens inverkan på magnetnålen, och denna upptäckt var Prometeusgnistan, ur hvilken det följande forskningsarbetet frambragte en lifligt flammande eld.

Redan några månader efter Örsteds upptäckt fördes densamma ett stort steg vidare genom den snillrike fransmannen Ampère, som påvisade, att äfven två elektriska strömmar mekaniskt inverka på hvarandra, och han uppgaf, för bestämmande af magnetnålens afvikelse under inflytande af en elektrisk ström, den enkla minnesregeln, att »nålens nordpol alltid afviker åt vänster, om man nämligen tänker sig simma framåt i strömmens riktning och med ansiktet vändt mot nålen.» Nästan samtidigt härmed upptäckte en annan, icke mindre snillrik, fransk vetenskapsman, Arago, likaledes vägledd af Örsted, att den elektriska strömmen äfven på annat sätt utöfvade en magnetisk verkan, i det att ledningstråden drog till sig järnfilspån. Han meddelade detta åt Ampère, som föreslog att förstärka strömmens verkan genom att föra ledningstråden i spiral omkring en stålten. De båda vetenskapsmännen utförde gemensamt detta försök med fullkomlig framgång, och därmed var *elektromagneten* uppfunnen. Elfva år senare byggde den berömde engelske fysikern Faraday ett godt stycke vidare på den sålunda lagda grunden, då han visade, att de båda fransmännens upptäckt äfven egde giltighet i omvänd ordning, d. v. s. att lika väl som elektrisk ström kan uppväcka magnetism, så kan denna senare i sin ordning alstra elektrisk ström, om nämligen en sluten ledare sättes i rörelse inom ett magnetiskt fält, eller en magnet föres fram och åter i närheten af ledaren. Med

denna nya upptäckt var vägen banad för elektroteknikens vidare framsteg och utveckling, ehuru det visserligen dröjde ännu ett fyrtiotal år, innan grundvalarna för denna utveckling vunnit tillbörlig omfattning och bärkraft.

Likväl började man, redan strax efter Faradays upptäckt, att söka göra densamma praktiskt användbar genom att omsätta mekaniskt arbete till elektrisk energi, och hade man icke årtionden igenom envisats att för detta ändamål begagna stålmagneter utan i stället insatt elektromagneter i dåtidens maskiner och därefter sträfvat att förbättra dessas konstruktion, så skulle vi sannolikt långt tidigare ha fått dynamomaskinen. Men det är ju alltid lättare, sedan målet en gång är nådt, att säga huru man på bättre och säkrare sätt borde ha kunnat komma dit, än att, då man ännu står vid vägens början, utan kompass eller vägvisare bestämma rätta kosan genom den okända vildmarken.

Den magnetelektriska maskinen, sådan den först konstruerades på grund af Faradays upptäckt, utvecklades småningom mer och mer, till dess genom Wildes och Siemens förbättringar den *dynamoelektriska* maskinen ändtligen gaf det praktiskt tillfredsställande medlet att genom mekaniskt arbete alstra elektricitet. Nu kunde man nämligen taga Watts snillrika skapelse, ångmaskinen, till hjälp för åstadkommande af elektriska strömmar, snart sagdt hur starka som helst. Alla de svårigheter, som förut ställt sig i vägen för en »*starkströmteknik*», voro därmed undanröjda, och denna teknik utvecklade sig därför snart med en fart och kraft dittills utan motstycke i de industriella uppfinningarnas historia. Denna utveckling har under de senaste 25 åren gått så raskt, att mången uppfinning inom detta område redan efter några års förlopp befunnits för gammal och sett sig undanträngd af någonting ännu bättre.

Fig. 28. Seriekopplade ringar bilda trådspiral.

Efter denna hastiga öfverblick af utvecklingens allmänna förlopp gå vi att något närmare skärskåda dess olika faser och göra bekantskap med de maskiner och apparater, som för dessa kunna anses vara särskildt betecknande.

Magnetelektriska maskiner. Uti inledningen är framhållet, huru de från en magnet utstrålande kraftlinierna alstra elektrisk ström i en sluten ledare, hvilken omfattar ett visst antal af dessa kraftlinier och rör sig så, att detta antal ökas eller minskas. Om man i stället för den enkla ringen i fig. 8 tänker sig ett flertal ringar, inbördes förenade till en spiralformig ledare (fig. 28), och denna spiral vrides exempelvis så, att kraftliniernas antal minskas, bör alltså en elektrisk ström uppkomma i hvarje ring, d. v. s. hvarje spiralhvarf verka som en »elektricitetspump». Men då dessa pumpar äro förenade på sådant sätt, att den enas sugmun sammanhänger med den andras tryckmynning, d. v. s. i seriekoppling, så komma, enligt den förut omtalade lagen för denna kopplings verkan, de särskilda elementen att samverka, så att den genom magnetismen uppväckta elektromotoriska kraften ökas i mån af spiralhvarfvens antal.

Ändringen i antalet utaf de af ringen eller spiralen omfattade kraftlinierna kan emellertid åstadkommas äfven på det sätt, att spiralringen, i stället för att vridas i mer eller mindre lutande läge, närmas till eller aflägsnas från magnetpolen. Ty kraftlinierna ligga desto tätare, ju närmare de komma till denna pol; då ökas således deras antal inom samma krets. Motsatsen inträffar, då ringen aflägsnas från polen.

I båda fallen uppkomma därför elektriska strömmar, men af motsatt riktning. Det är härvid likgiltigt, om rörelsen sker i förlängning af magnetens längdaxel eller på sidan därom, förbi magnetpolen (fig. 29). En magnetelektrisk apparat af enklaste slag kan därför konstrueras på det sätt (fig. 30), att man fäster en med isolerad metalltråd omlindad rulle på ena änden af en vefaxel, så att den vid vefvens vridning passerar förbi ena polen af en stark stålmagnet. Hvarje gång trådspolen nalkas polen, alstras i densamma en elektrisk ström; likaså då den åter föres bort från

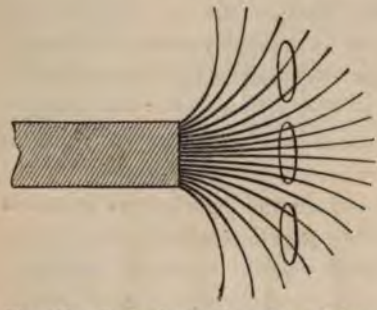


Fig. 29. Strömalstring i en sluten ledare, som föres förbi en magnetpol.

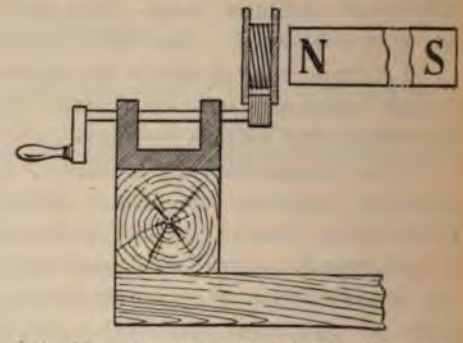


Fig. 30. Magnetelektrisk induktion i en roterande trådspole.

polen. Men dessa båda strömmar hafva motsatt riktning, äro s. k. *växelströmmar*, och de äro af kort varaktighet, ty magnetens inducerande verkan sträcker sig icke utöfver ett visst, jämförelsevis ringa afstånd från polen. Under största delen af sitt kretslopp är trådspolen därför fullkomligt oelektrisk. Detta kan i någon mån hjälpas genom att använda en s. k. hästskomagnet, så att trådrullen både upptill och nedtill löper förbi en magnetpol, och således två gånger under hvarje hvarf får

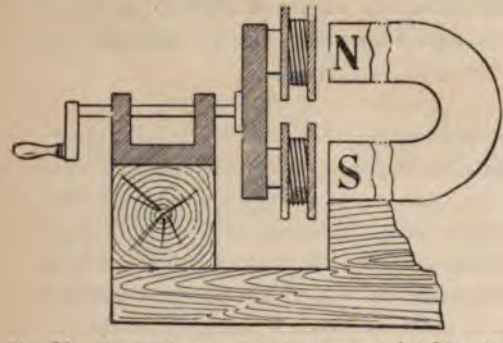


Fig. 31. Kraftliniernas förande genom två trådspolar med tillhjälp af ett ankare af mjukt järn.

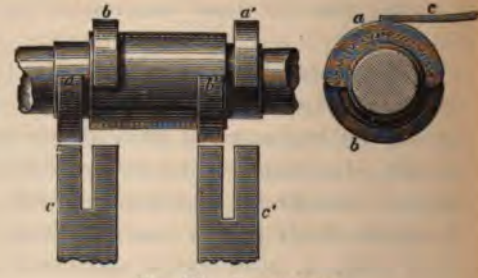


Fig. 32. Kommutator.

så att säga en elektrisk påstöt. Denna blir emellertid, ledsamt nog, ganska svag, emedan kraftlinierna från båda polerna nu på kortaste vägen söka förening med hvarandra och således blott i ringa mängd stråla ut mot och skäras af trådrullens bana. Detta kan visserligen också hjälpas genom att på andra sidan om denna bana ställa en annan hästskomagnet med oliknämnda poler midt emot den förras; ty kraftlinierna från dessa motsatta poler sträfva då till förening tvärs öfver trådrullens bana. Men den nya magneten måste tydligen göras mycket vid, för att icke hindra vefvens kringvridning, hvilken i alla händelser blir besvärlig. Långt bättre är därför

att ersätta denna hästskomagnet med en annan, bildad af två mjuka järncylindrar, förenade med en järnskifva, träda en trådrulle på hvarje järncylinder och fästa skifvans midt vid vefaxelns ände (fig. 31). De magnetiska kraftlinierna finna då i hästskojärnet eller ankaret en bekväm föreningsväg, samlas därför å denna väg och skäras sålunda till stor mängd af spolarna hvarje gång en sådan under kringvridningen föres förbi endera polen. Men då dessa kraftlinier för hvarje halft hvarf träffa samma spolar från olika håll, erhåller den sålunda inducerade elektriska strömmen för hvarje gång en motsatt riktning. Apparaten alstrar således fortfarande växelströmmar.

För att kunna använda denna ström måste de båda trådspiralerna först och främst hopkopplas i serie, så att deras fria ändar bilda elektricitetsapparatens poler, och vidare måste den yttre ledningen tillkopplas på sådant sätt, att den icke tvinnar ihop sig vid kringvridningen. För detta ändamål anbringas på vefaxeln två isolerade metallringar, hvardera förenad med en af nämnda poltrådar; mot dessa ringar låter man två tunna metallfjädrar släpa, hvilka i sin ordning äro förenade med den yttre ledningen och sålunda äfven föra strömmen till densamma. Denna anordning benämnes *släpkontakt*.

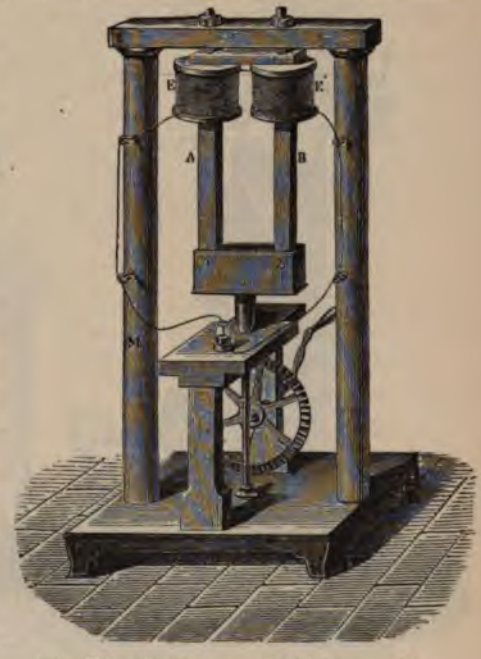


Fig. 33. Pixiis magnetelektriska maskin.

Nu återstår endast att förvandla de stötvis efter hvarandra följande växelströmmarna till en enda likriktad, således ständigt åt samma håll i ledningen flytande ström. Växelströmmarna äro nämligen icke alltid användbara eller mest önskliga. För nämnda ändamål behöfver man emellertid endast inrätta ringarna på sådant sätt, att de båda släpfjädrarna byta ringar i samma ögonblick, som strömmen i dem växlar riktning. Därigenom kommer tydligen den ena fjädern alltid att mottaga utgående, den andra ingående ström. En sådan omkastning kan ske mycket enkelt genom att (fig. 32) dela hvarje släpring i två hälfter, något förskjutna i förhållande till hvarandra och på sådant sätt åtskilda, att halfringen a står i ledande förbindelse med den motsatta halfringen a', och likaså b med b'. Därjämte klyfves hvarje fjäders släpdel i två skilda blad, motsvarande hvar sin ringhälft. Om nu de båda spolarnas ena poltråd sättes i förbindelse med a och a', och den andra med b och b', så kommer tydligen, efter en half axelvridning, fjädern c, som släpat mot a och mottagit den dit ledande poltrådens ström, att under nästa halfslag ligga an mot b och upptaga strömmen från den andra tråden, hvilken emellertid nu växlat riktning och går åt samma håll som a-strömmen. Hvardera fjädern kommer sålunda alltid att mottaga likriktad ström och utgör därför en fast pol, medan ringarna äro apparatens växlande poler. En sådan anordning, hvarigenom växelströmmar på mekanisk väg förvandlas till likriktade, benämnes *kommutator* eller omkastare.

Den förste, som bragte nu anförda grunder till praktisk användning, var fransmannen Pixii, hvilken redan år 1832, således året efter Faradays upptäckt, konstruerade en magnetelektrisk maskin (fig. 33). Den af flera tunna skifvor sammansatta hästskomagneten AB utgör emellertid här apparatens roterande del, medan trådrullarna och deras järnkärnor äro fasta. Detta ändrar emellertid ingenting i hvad ofvan blifvit sagdt om strömінduktionen; men anordningen blir mindre lämplig vid stora apparater, där magneten oftast är tyngre än spolarna med sina järnkärnor. Vid starkströmmaskiner kan den emellertid, som vi längre fram få se, likväl under vissa förhållanden vara att föredraga. Under magneten befinner sig en kommutator, till hvilken den elektriska strömmen meddelas genom släpfjädrar och kontaktringar.

Denna primitiva apparat är stamfadern till alla följande släkten af dynamomaskiner, d. v. s. maskiner afsedda att omsätta rörelseenergi till elektricitet. Den väckte också vid sitt första framträdande lifligt intresse hos dåtidens fysiker, hvilka till en början förnämligast betraktade den som ett bekvämt medel att ersätta de galvaniska batterierna. Den undergick för sådant ändamål efter hand åtskilliga förbättringar genom olika uppfinnare. En sådan förbättrad apparat är Clarks rotationsmaskin (fig. 34), med mycket större svänghjul och rotationshastighet. Magneten är fast, och förbi dess poler rotera de båda induktionsrullarna EE.

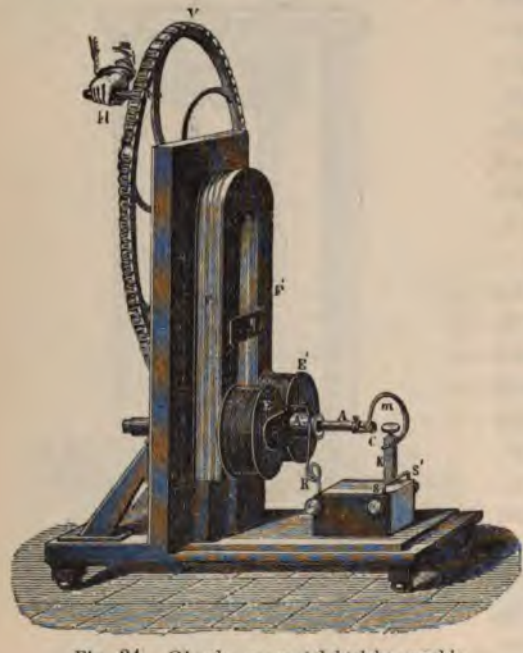
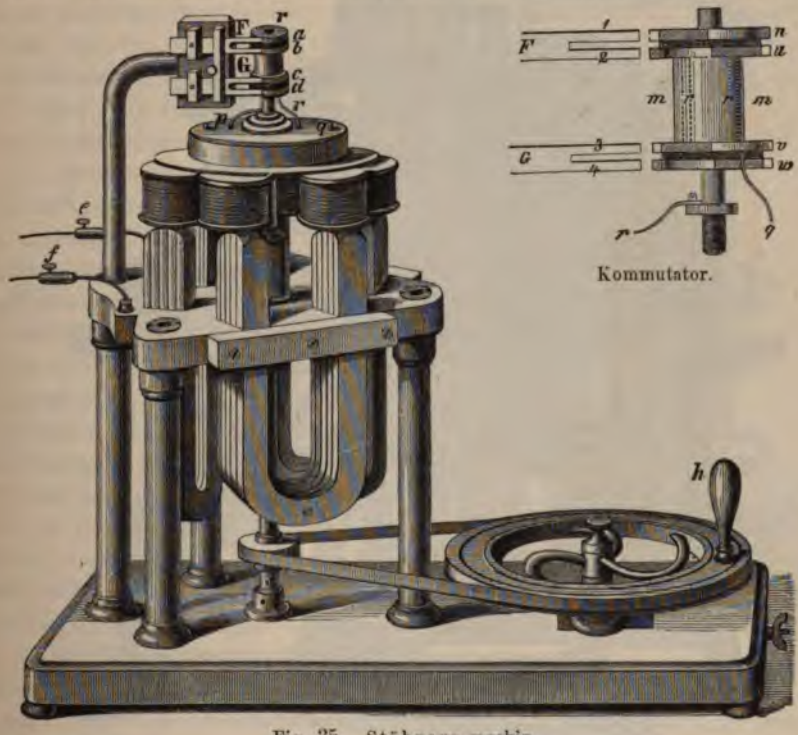


Fig. 34. Clarks magnetelektriska maskin.

För att åstadkomma starka strömmar konstruerade Stöhrer en maskin (fig. 35), sammansatt af tre upprättstående hästskomagneter och en däröfver roterande skifva, uppbärande sex trådspolar samt en kommutator, hvars kontaktringar därför äro anordnade för strömomkastning sex gånger under hvarje hvarf. Denna maskin är visserligen inrättad för handkraft, men vill man med en sådan apparat åstadkomma mycket starka strömmar, måste den konstrueras så, att axeln genom ångkraft eller på annat sätt kan kringvridas med mycket stor hastighet. Förutom många och starka magneter är nämligen stor omloppshastighet ett nödvändigt villkor för frambringande af starka strömmar med sådana maskiner.

Inom den elektrotekniska industrien var det till en början nästan uteslutande de större galvaniska fabrikanterna, som ägnade den nya elektriska alstringskällan en mera intresserad uppmärksamhet. De stora anstalterna för galvanoplastik, försilfring och förgyllning, såsom Elkington Bro:s i Birmingham och Ruolz i Paris, kunde icke gärna vara så synnerligen väl betjänta med de väldiga galvaniska batterier, som deras omfattande verksamhet fordrade; men ångkraft var där lätt att få, och därför erbjöd denna storindustri just rätta marken för den magnetelektriska maskinens kraftiga utveckling.

Den världsbekanta firman Christofle & C:o i Paris var ock den första, som år 1854 införde magnetelektriska maskiner i sin verksamhet. Bolaget »l'Alliance» hade vid denna tid i Paris nyligen anlagt en fabrik för tillverkning af sådana maskiner. Det byggde bland annat mycket stora sådana med 32—48 magneter och 64—96 trådspolar, som roterade förbi magneternas poler. Dessa stora Alliance-maskiner drefvos med ångkraft och gåfvo så kraftiga strömmar, att de användes och ännu användas för åstadkommande af elektriska fyrljus. Fig. 36 visar en sådan maskin; trådspolarna rotera mellan motsatta poler af de i tre rader ställda magneterna, så att dessas inducerande verkan mycket fullständigt tillgodogöres. Men utan kommutator ge dessa maskiner tydligen växelströmmar. Vill man ha likriktade strömmar, måste äfven här användas en kommutator, hvilken emellertid blir mycket invecklad



Kommutator.

Fig. 35. Stöhrers maskin.

till följd af de många spolarna. Dessa maskiner ha emellertid andra, ännu större olägenheter; de många, stora och tunga stålmagneterna göra maskinen själf betydligt stor och tung samt därjämte rätt dyr. En nutida dynamomaskin, lika kraftig som Alliance-maskinen å fig. 36, upptager åt alla håll icke stort mer än $^1/_3$ af dennas utrymme. Vidare minskas magneternas kraft ganska fort och i betänklig grad, och den alstrade elektriska kraften står icke i synnerligen förmånligt förhållande till den använda drifkraften.

Den första maskin af »Alliance»-typen, som inom industrien vunnit tillämpning, konstruerades år 1849 af Nollet, med hvars namn dessa maskiner äfven ofta benämnas.

Det gällde således att söka åstadkomma något bättre, och uppfinnarne riktade då i främsta rummet sina ansträngningar mot stålmagneterna. Hvarför skulle

man icke kunna ersätta dessa tunga, skrymmande, otillförlitliga och i alla händelser föga verkningskraftiga maskindelar med de vida bättre elektromagneterna? Denna tanke låg ju nära till hands; att man så länge underlåtit att sätta den i verket, därtill var väl orsaken förnämligast den, att man alltjämt ansåg sig behöfva ett särskildt batteri för att åstadkomma dessa elektromagneter. Men månne detta verkligen var alldeles nödvändigt? Kunde man icke för detta ändamål använda den elektriska strömmen från en annan magnetelektrisk apparat, drifven af samma ångmaskin som hufvudmaskinen? Jo visst! Detta ådagalades af H. Wilde, som år 1866 konstruerade en stor magnetinduktionsmaskin (fig. 37) med elektromagneter, hvilka påverkades af

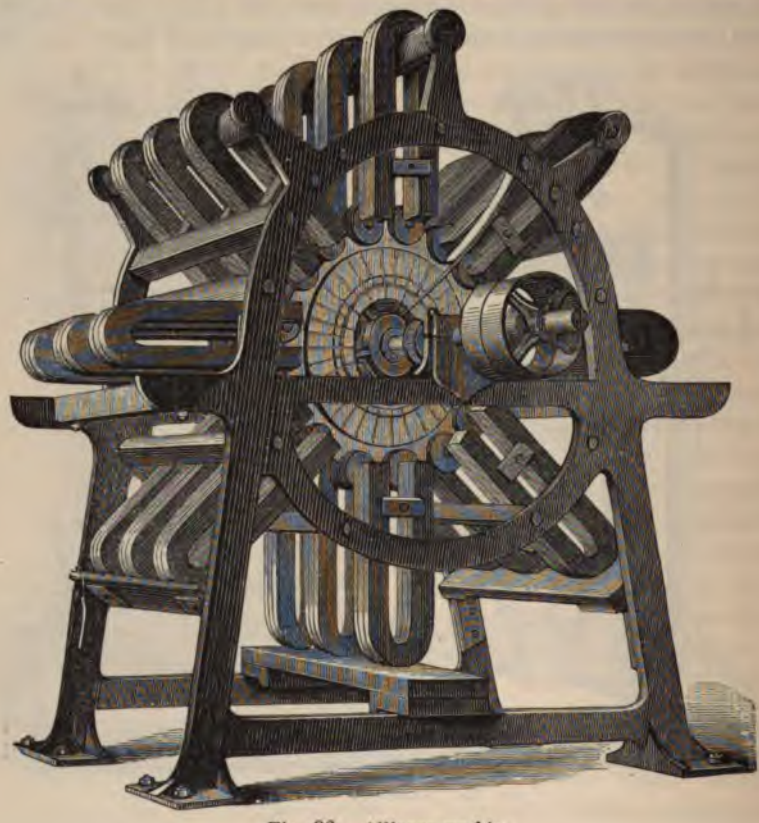


Fig. 36. Alliance-maskin.

strömmarna från en mindre magnetelektrisk maskin med stålmagneter och försedd med kommutator för åstadkommande af likriktad ström. Detta var den första maskinen af sådant slag, och därifrån var steget icke långt till den egentliga *dynamomaskinen*, som genom *sin egen* elektriska ström uppväcker och underhåller magnetismen i de inducerande elektromagneterna.

Detta nya steg togs, som förut nämndt är, af den tyske fabrikanten, doktor Werner Siemens, hvilken emellertid redan dessförinnan uppfunnit en förbättrad konstruktion af »*ankaret*», eller den del af de magnetelektriska maskinerna, hvari själfva strömmen alstras, d. v. s. trådspolarna med deras järnkärnor. * Orsaken till

* Denna del kallas hos oss vanligen *armatur* eller äfven *induktor*, på franska *induit;* de påverkande magneterna benämnas *fältmagneter*.

len jämförelsevis klena effekten af de magnetelektriska maskinerna ligger hufvudakligen i det ofullständiga tillgodogörandet af det magnetiska fältet. Med riktig uppfattning af denna olägenhet använde Siemens i stället för de många, korta trådspolarna ett enda »dubbelt T-ankare» eller t. k. *cylinderinduktor*, med järnkärna af långsträckt form och den tvärskärning, som den strecktade delen *fgf'* af fig. 40 visar, samt omlindad i axelns längdriktning af så många hvarf isolerad tråd (fig. 39), att dessa jämte järnkärnan bilda en full cylinder. Den yttre formen af en sådan cylinderinduktor synes af fig. 38. Denna cylinder inlägges mellan polerna af flera bredvid hvarandra ställda hästskomagneter, försedda med passande urholkning, som nätt och jämt lämnar induktorn plats att rotera (fig. 40). Hästskomagnetens nordpol gör den närmaste delen af järnkärnan sydmagnetisk och den andra nordmagnetisk, men då trådlindningarna i förhållande till dessa delar gå åt motsatt led, komma de utaf dem inducerade båda strömmarna tydligen att förena sig till en enda ström, hvars riktning emellertid omkastas för hvarje halft hvarf, som induktorn roterar. Om trådspiralens ändar, X. Y., förenas genom en slutningsledning, uppkomma sålunda växelströmmar, hvilka emellertid genom en kommutator kunna göras likriktade.

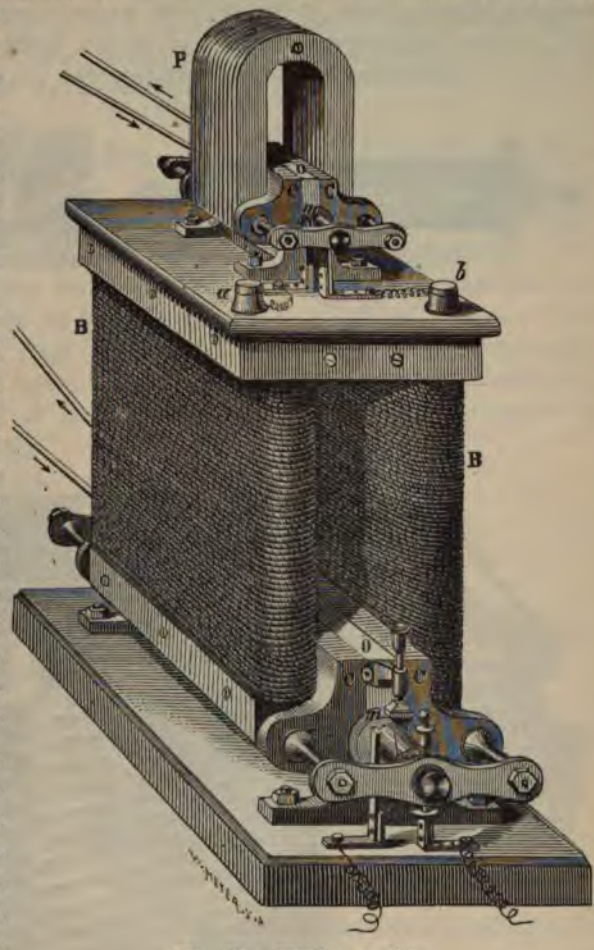


Fig. 37. Wildes maskin.

Denna cylinderinduktor har, i jämförelse med de äldre ankarkonstruktionerna, den fördelen, att kraftlinierna däri finna den kortaste vägen till hvarandra, att man

Fig. 38. Siemens' cylinderinduktor.

lätt kan öka magneternas antal genom att helt enkelt förlänga cylindern, samt slutligen att gifva en jämnare ström och till följd af sin enkla form möjliggöra en mer ändamålsenlig, kompakt anordning af hela maskinen. Då magneterna därjämte mycket tätt

omsluta induktorn, blir denna mycket starkt magnetiserad och gifver i sin ordning ganska starka strömmar. Fig. 41 visar en sådan maskin (s. k. visaretelegraf), hvars horisontalskärning synes af fig. 40. Vid kringvridning af vefven H försättes induktorn FF' genom kugghjulsutväxlingen i en mycket hastig rotation mellan magneterna G, G'; den i trådspiralen inducerade strömmen går vid klämskrufvarna S ut i den yttre

Fig. 39.

Fig. 40.

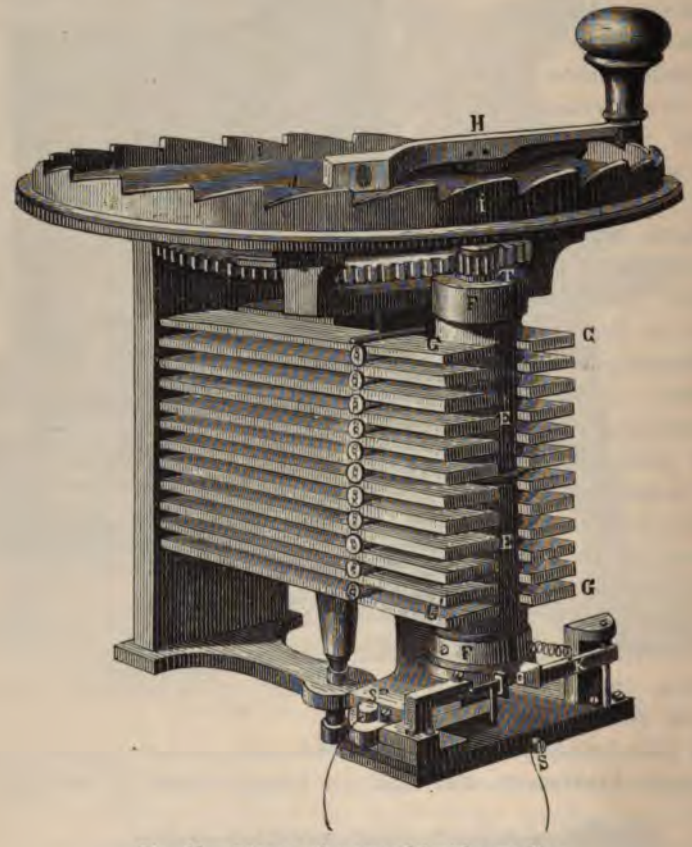


Fig. 41. Siemens' magnetelektriska maskin.

ledningen. Induktorns ena trådände går genom axeln och dess lager i förbindelse med den ena af dessa skrufvar, medan den andra trådänden går till en nedom induktorn anbragt men med densamma roterande, isolerad mässingsring, tjänstgörande som kommutator, och mot hvilken den andra klämskrufvens lamellfjäder släpar.

En sådan induktor använde emellertid redan Wilde i sin magnetelektriska maskin, hvars anordning (fig. 37) torde vara lätt att förstå. Cylinderinduktorn *m*

roterar mellan de nedre, med särskilda polstycken C, C försedda ändarna af den stora elektromagnetens båda skänklar B, B; dessa förenas upptill af en järnplatta, hvarå den lilla hjälpmaskinen står, hvilken lämnar strömmen till elektromagneterna, och hvars cylinderinduktor m roterar mellan polerna af stålmagneterna P. Denna maskin betecknar öfvergången till *dynamomaskinerna*.

Den dynamoelektriska principen. Redan år 1866 hade Werner Siemens gjort den iakttagelsen, att man med den helt ringa återstod af magnetism, som stannar kvar i hvarje elektromagnet, sedan den inducerande strömmen upphört (»remanent» magnetism), kan småningom förstärka elektromagnetens kraft ända till det maximum, som denna förmår utveckla. Denna remanenta magnetism kan nämligen uti armaturen uppväcka en ström, hvilken åter inledes uti magnetens egna trådspiraler; den ursprungliga, svaga strömmen förstärker då fältets ursprungliga magnetism, och denna ökning orsakar i sin ordning en förstärkning af strömmen, hvaraf följer ett nytt tillskott af magnetism. Med ett ord: armaturströmmen och magnetismen förstärka ömsesidigt hvarandra, ända till dess gränsen för fältets förmåga att upptaga magnetism blifvit uppnådd, då magneten säges vara mättad. Denna gräns ligger emellertid vida högre än den magnetstyrka, som kan magasineras af en permanent stålmagnet, och därför blir det möjligt att med användande af en mycket ringa mängd ursprunglig magnetism alstra elektricitet endast genom mekaniskt arbete. Denna självmagnetisering är grunden för verkan hos en *dynamoelektrisk* maskin, sålunda benämnd till åtskillnad från den *magnetelektriska* maskinen med sina permanenta stålmagneter.

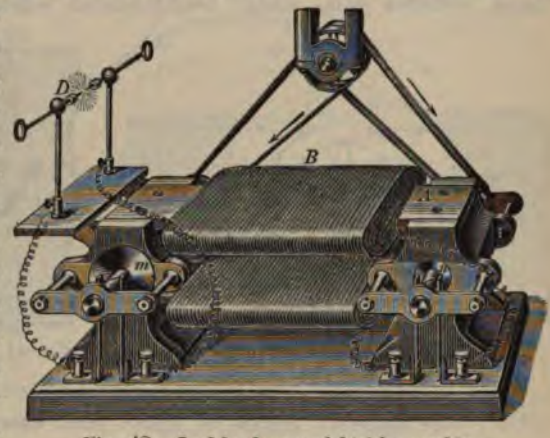


Fig. 42. Ladds dynamoelektriska maskin.

Den första dynamon. Den »dynamoelektriska principen» framställdes nästan samtidigt af W. Siemens och Wheatstone* men medförde tills vidare icke någon större nytta för konstruktionen af elektriska maskiner, ty den tillämpades till en början endast å växelströmmaskiner. Den första maskinen af detta slag konstruerades år 1867 af engelsmannen Ladd (fig. 42). Den består af två platta elektromagneter, emellan hvilkas poler två Siemens-induktorer rotera, en vid hvardera änden, och af hvilka den ena alstrar strömmen för elektromagneterna, den andra emottager den af dem inducerade strömmen och utsänder den i den yttre ledningen. Här begagnas således en särskild maskin för uppväckande af strömmen i magnetlindningarna.

* Samma dag, den 14 febr. 1867, gjordes af dessa båda uppfinnare hvar för sig meddelande till Royal Society i London, att de lyckats konstruera maskiner, med hvilka man, utan begagnande af stålmagneter, kunde inducera elektriska strömmar af högst betydlig styrka. Men Siemens hade kort förut gjort samma meddelande till vetenskapsakademien i Berlin. Tanken att använda den af maskinen alstrade strömmen vid elektromagneterna hade emellertid uttalats redan förut, såsom af Hjorth 1848, af Brett samma år, af holländaren Sinsteden 1851. Men först genom Siemens och Wheatstone erhöll denna uppfinning praktisk betydelse.

Denna maskin var ganska kraftig, så att den till och med kunde användas för belysningsändamål, liksom Siemens' första dynamos. Men dessa förstlingsmaskiner hade den stora olägenheten af betydande kraftförlust och därmed sammanhängande så stark upphettning af spolarna och magneterna, att dessa måste ständigt afkylas medelst kallt vatten. Induktorjärnets smådelar — »molekyler» — förmådde tydligen icke nog hastigt lämpa sig efter de oupphörliga ändringarna i magnetismen. Snart skulle emellertid elektrotekniken lämna ett förträffligt medel till afhjälpande af denna svåra olägenhet.

Pacinottis eller Grammes ring. Redan år 1860 hade doktor Pacinotti i Florens konstruerat en liten elektrisk motor med ringformig induktor, hvars poler under ringens kringvridning likväl förblefvo stilla på samma punkt i rummet. Han utgick därvid från den åsikten, att magnetismen borde bäst tillgodogöras genom att använda två halfcirkelformiga magneter med liknämniga poler ställda mot hvarandra och bildande en sluten ring, kring hvilken induktionsspiralerna rotera med så stor hastighet som möjligt. Men då det mötte stora svårigheter att låta magnetringen förblifva fast, medan trådspiralerna roterade kring densamma, insatte Pacinotti i dess ställe en annan, af mjukt järn, som fick rotera jämte spiralerna mellan polerna af en permanent hästskomagnet, under hvars inflytande ringpolerna för blefvo fasta.

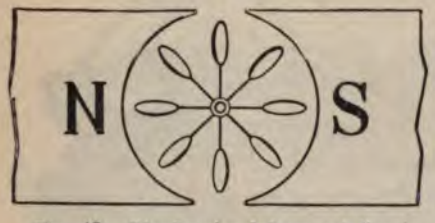


Fig. 43. Ringformiga ledares rotation i ett magnetiskt fält.

Fig. 44. Kraftliniernas gång genom en järnring.

Märkvärdigt nog tyckes denna sinnrika uppfinning alldeles ha råkat i glömska, så att när belgiern Gramme, då modellsnickare hos »Compagnie Alliance», år 1869 framträdde med en efter samma principer konstruerad maskin, denna väckte stort uppseende såsom en fullkomlig nyhet. Men äran att ha varit den förste tillhör obestridligen Pacinotti. Då emellertid otvifvelaktigt är, att Gramme icke kände till sin föregångares verk, tillkommer honom alltid hedern att fullt självständigt ha funnit samma tanke och åt densamma gifvit form och lif, så kraftiga, att *»Grammes ring»* mäktigt bidragit till elektroteknikens utveckling.

För att rätt fatta induktionsförloppet i denna ring må vi till en början föreställa oss, att åtta slutna metalltrådsringar, uppsatta å ekrarna till ett hjul (fig. 43), rotera mellan en magnets båda poler i samma riktning som visarna på ett ur. Vi numrera dem äfven åt samma håll, från den öfversta räknadt. Af ringarna 1—5 omfatta den högsta och den lägsta tydligen det största antalet kraftlinier, emedan dessas riktning vinkelrätt skäres af dessa båda ringars plan. De båda lutande ringarna 2, 4 rymma däremot gifvetvis ett mindre antal sådana linier, och den vågräta ringen 3 ingen enda sådan, emedan den hel och hållen ligger i liniernas riktning. Då hjulet

vrides, så att ringen n:r 1 kommer att efter hvartannat intaga lägena 2—5, induceras visserligen i det allra första ögonblicket ingen ström, ty ringen rör sig till en början nästan parallelt med kraftliniernas riktning, så att dessas antal inom ringen icke undergår någon förändring. Men vid rörelsens fortsättning kommer ringen efter hand att skära kraftlinierna alltmera snedt och en ström således att induceras, hvars styrka växer och når sin höjd i läget 3 för att därefter åter aftaga till noll i läget 5, hvarest strömmen äfven växlar riktning. Utan vidare förklaring inses nämligen, att samma förlopp upprepas under den andra hälften af kretsbanan från läget 5 öfver 6, 7, 8 till 1; men då ringen i läget 6 fortfarande vänder samma hälft uppåt som i läget 4, således bibehåller samma läge i förhållande till magnetpolerna, måste, till följd af de båda motsatta lutningarna i förhållande till kraftlinierna, den inducerade strömmens riktning i läget 6 blifva motsatt den i läget 4. Detsamma blir äfven fallet med läget 8 i jämförelse med 2 samt med 5 och 1. I dessa båda sistnämnda lägen, där strömmen är = noll, äger följaktligen alltid en omkastning rum; de utgöra därför de fasta pollägena.

Järnkärnan. För att bättre tillgodogöra det magnetiska fältet kan man vidare tänka sig trådringarna uppträdda på en ringformig järnkärna. Kraftlinierna mellan båda magnetpolerna taga nu till största delen den bekvämare vägen genom järnet, såsom fig. 44 antyder; genom deras successiva in- och utströmning å kärnringens olika hälfter samt deras anhopning i dennas öfre och undre del uppkommer nu en liknande förändring i dessa liniers antal, som nyss föranleddes genom trådringarnas rotation, alltså äfven liknande verkan. Hvad trådringarna angår, blir verkan fortfarande densamma, om de tänkas löpa rundt utefter ringkärnan eller om denna kärna, med ringarna fastsittande, själf roterar i det magnetiska fältet.

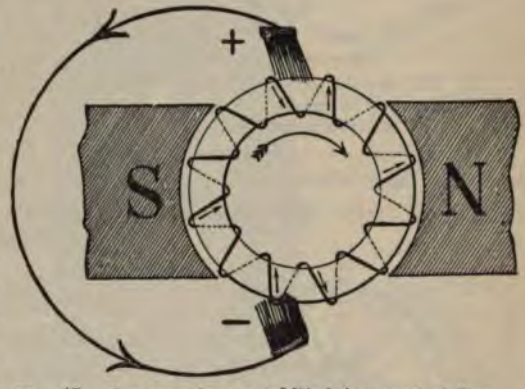


Fig. 45. Gramme-ringens trådlindning samt strömmens uttagande i ledningen.

Slutligen tänka vi oss de skilda trådringarna förenade till en sammanhängande ledning, helt enkelt på det sätt att järnkärnan omlindas med en trådspiral (fig. 45), som likväl genom ett isolerande mellanlägg måste skiljas från järnringens yta, på det att icke den i spiralen inducerade strömmen måtte bortledas å denna väg. Hvarje spiralhvarf kan nu betraktas som en ring, förenad med de båda närliggande å ömse sidor. Vid kärnringens kringvridning i den böjda pilens riktning (fig. 45) uppkomma därför å ringens båda hälfter motsatta elektriska strömmar uti trådhvarfven, enligt de små pilarnas riktning; dessa hvarf äro sålunda å hvardera ringhalfvan inbördes *seriekopplade*, men hvardera spiralhalfvan är *parallelkopplad* med den andra. Ringströmmens poler uppkomma vid dessa kopplingsställen, den positiva vid det öfre, ditåt de båda motströmmarna sammanflyta, den negativa vid det undre, hvarifrån de utgrena sig åt båda sidor. Från dessa båda punkter bör strömmen således »uttagas» i den yttre ledningen, hvilket sker (fig. 45) genom tvenne släpkontakter af lämplig konstruktion.

Man kan förlikna trådspiralerna vid ett galvaniskt batteri, bestående af två seriekopplade hälfter (fig. 46), hvilka äro parallelkopplade med hvarandra; hvarken här eller i Grammes ring blir det vid sådant förhållande någon strömverkan utaf, om icke de båda olika polpunkterna förenas genom en yttre ledning.

Härmed ha vi nu kommit till Gramme-ringen i dess typiska form. Att för strömmens uttagande med släpkontakter direkt ur trådlindningarna göra dessa af blank tråd har emellertid, i synnerhet som de måste ligga tätt och i flera, inbördes

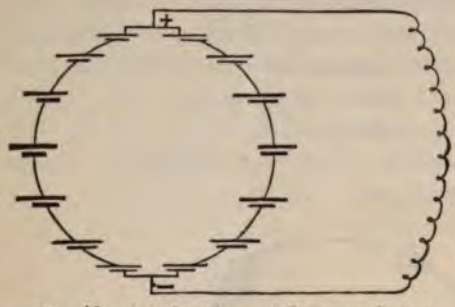


Fig. 46. Seriekoppling af Gramme-ringens trådspolar, hvardera motsvarande ett galvaniskt element.

Fig. 47. Grammes ring med strömsamlare och släpborstar.

isolerade lager öfver hvarandra, bland flera olägenheter äfven den att föranleda stark nötning af yttre lagret och ibland därjämte gnistbildning, som skadar tråden. Man anbringar därför på ringens axel en särskild *strömsamlare* — »*kollektor*» — bestående af flera noggrant isolerade metallskifvor, anbragta likt kuggarna på ett hjul och hvardera genom en ledningstråd förenad med en motsvarande del af trådspiralen. Mot denna kollektor släpa kontakterna på sådant sätt, att de hvar för sig samtidigt beröra de kollektorskifvor, som för tillfället motsvara och äro förenade med ringens båda poldelar och hvilka således själfva utgöra apparatens poler. Fig. 47 visar en sådan Gramme-ring i dess ursprungliga form; C är kollektorn, B, B de båda kontaktborstarna, bestående af fina metalltrådar och förenade med yttre slutningsledaren W.; af fig. 48 synes närmare, hur spiralen är indelad i grupper, hvardera bestående af ett visst antal hvarf och motsvarande en kollektorskifva. Därjämte må erinras, att i hvarje grupp flera spiraler ligga öfver hvarandra, så att den bildar en formlig spole.

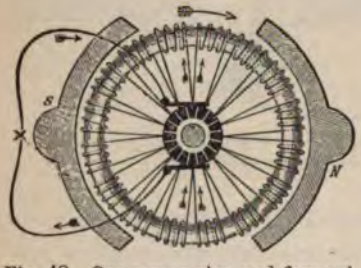


Fig. 48. Grammes ring med flera spiralhvarf för hvarje strömsamlarskifva.

Innan vi öfvergå till beskrifning af själfva dynamomaskinen och dess utveckling under de tvenne närmaste årtiondena, tillfoga vi ännu en anmärkning. I det föregående har ringens järnkärna antagits vara massiv. Vore den ihålig, skulle den kunna anses själf bestå af ett oräkneligt antal intill hvarandra lagda metallringar, hvari elektriska strömmar alltså äfven måste uppväckas, men af hvilka man icke kan få någon nytta, enär dessa ringar bilda en i sig själf sluten ledning. Dessa s. k. *hvirfvel*-strömmar eller »*Foucaults strömmar*» äro emellertid icke blott onyttiga utan rent af skadliga, emedan de motarbeta ringens rörelse och dessutom åstadkomma en

upphettning, som inverkar menligt på trådspiralernas isolering. Denna olägenhet blir snarare större än mindre genom att göra ringen massiv. Man måste därför, såsom vi strax skola få se, söka på annat sätt afhjälpa densamma.

Grammes dynamomaskin. Sedan Gramme utbytt de å hans första ringmaskiner använda stålmagneterna mot elektromagneter, således tillämpat den dynamoelektriska principen, kom den första enligt denna princip af honom konstruerade maskin år 1872 till användning i Christofle & C:os verkstäder i Paris. På grund af därvid vunnen erfarenhet vidtog han året därpå vissa förändringar, och sålunda framträdde år 1873 den s. k. *»verkstadstypen»* (fig. 49), en bland de vanligaste former af Gramme-maskinerna, och af hvilken många varit i verksamhet ända intill våra

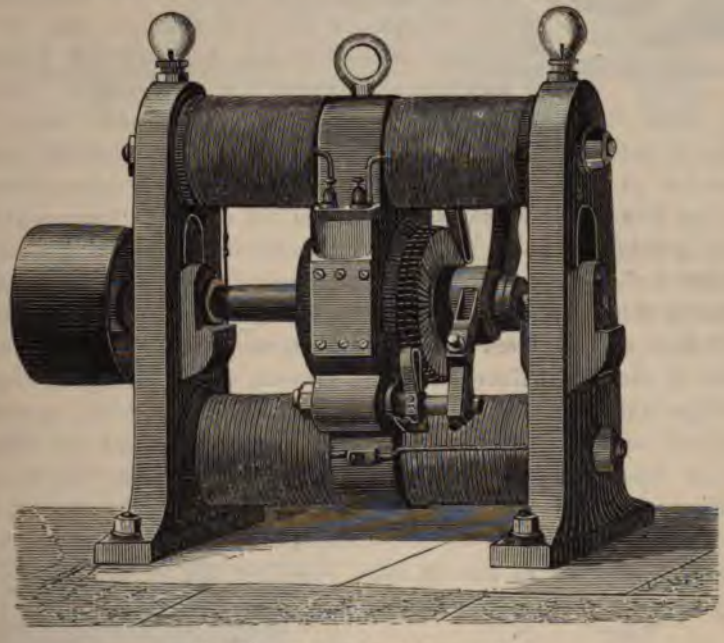


Fig. 49. Grammes dynamomaskin.

dagar. Såsom af bilden synes, sitter ringen jämte strömsamlaren på en horisontal axel, hvilande i två lagerbockar, mellan hvilka tillika två elektromagneter äro lagda, en upptill och en nedtill. Hvar och en af dessa elektromagneter är delad i två järnkärnor, å midten åtskilda genom ett litet mellanrum, men af hvilka en öfre och en undre genom järnbocken förenas till en hästskomagnet. Dessa hästskomagneter vända sina liknämnda poler mot hvarandra; i mellanrummet ligga grofva järnankaren, s. k. *polstycken*, hvilka åt båda sidor cirkelformigt omfatta ringen och öfverföra kraftlinierna till densamma. Strömmen går från ringen till den främre kollektorborsten och därifrån in i den högra elektromagnetens trådlindningar samt till den på öfre stycket sittande högra klämskrufven, härifrån ut i yttre ledningen och återvänder till den vänstra klämskrufven, samt går genom den vänstra elektromagneten tillbaka till induktorn.

Dessa maskiner visade sig redan från början mycket förträffliga och bibehöllo ända intill senaste tid sitt anseende såsom de bästa och kraftigaste i sitt slag. Bland de sedermera vidtagna förbättningarna var den, som gällde konstruktionen af kärnringen en af de viktigaste. Till förekommande af nyssnämnda skadliga inverkan genom de Foucaultska strömmarna sammansattes denna ring till en början såsom ett hopböjdt knippe af grofva metalltrådar. Fig 50 framställer en sådan ring uppskuren, där likväl trådarna äro tecknade med fyrkantig genomskärning. De magnetiska kraftlinierna finna då fortfarande lika obehindrad väg genom ringens massa, men de vinkelrätt mot dessa linier eljest uppkommande hvirfvelströmmarna kunna nu icke längre cirkulera tvärs emot trådringarna, som genom fernissning väl isoleras från hvarandra. Det sålunda sammansatta ringknippet omlindas därefter på det omsorgsfullaste med ett smalt linneband, som äfvenledes fernissas, till bildande af ett isolerande mellanlägg för trådspolarna. Äfven dessas pålindning måste ske med mycken omsorg och är ett mödosamt arbete, enär den långa tråden ju oupphörligen måste trädas genom kärnringen. Samtliga spolar förenas med hvarandra på sådant sätt, att tråden ständigt löper i samma riktning kring ringen och att från hvarje föreningspunkt mellan två spolar en ledningstråd föres till motsvarande kollektorskifva. I det följande skola vi lära känna äfven andra ringkonstruktioner åsyftande ett fullständigare aflägsnande af nyssnämnda olägenheter.

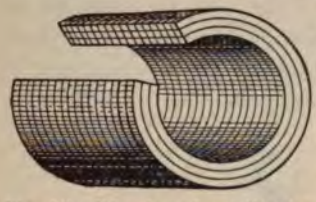


Fig. 50. Kärnring af metalltrådar.

Borstarna tillverkades till en början af tunna mässingsplattor men göras numera af koppar i form af tråd, bleck eller väf och så, att de bilda väl anslutande fjädrar. De omslutas af särskilda hållare och måste inpassas så, att strömmen öfverföres med minsta möjliga gnistbildning. Denna undvikes, åtminstone delvis, genom att låta borstarna ligga an mot kollektorn i rotationens riktning något på sidan om ändpunkterna af den diameter, som kan tänkas dragen vinkelrätt mot föreningslinien mellan fältmagneternas poler. Under maskinens gång är det framför allt kollektorn som fordrar mesta tillsyn, så att borstarna ligga an på rätt ställe och hvarken för hårdt eller för löst. Om så icke är fallet, synes det nog af den starkare gnistbildningen.

Truminduktorn. Någon tid efter det Gramme sålunda hade medelst sin ring skapat den första praktiskt dugliga dynamomaskinen, sökte den berömda firman Siemens & Halske i Berlin att genom sin öfveringeniör v. Hefner-Alteneck, med tillämpning af principen för Gramme-ringen, förbättra den Siemenska cylinderinduktorn. Detta försök gaf år 1874 upphof åt den s. k. *truminduktorn*. Denna induktor, hvilken i likhet med Gramme-ringen afgifver likriktade strömmar, är visserligen af en mycket sinnrik men på samma gång högst invecklad konstruktion. Den består af en järncylinder, som långs efter är omlindad med metalltråd och som roterar mellan polerna på en bred magnet eller en rad magneter. I fig. 51 är ss_1 n_1n cylindern med trådlindningarna, och N—N_1 S—S_1 de båda magneterna, tätt kringslutande, så att induktorn rör sig i ett kraftigt magnetiskt fält. Trådlindningen består här, liksom vid Gramme-ringen, af en mängd skilda spolar, förenade med hvarandra på ett ganska invecklad sätt, hvars grunddrag dock torde kunna inses af fig. 52. Där föreställa 1 och 2 tvenne trådlindningar, hvilkas ändar äro a och a_1, b och b_1 och så belägna, att då a och b befinna sig på cylinderns nordmagnetiska hälft, ligga a_1 och b_1 på

den sydmagnetiska, eller tvärt om. Vid cylinderns kringvridning induceras följaktligen elektriska strömmar, hvilka i de båda å öfre hälften belägna grenarna hafva motsatt riktning mot de båda undre. Om nu a_1 förenades med b och b_1 med a, skulle strömmen visserligen cirkulera kring cylindern i pilarnas riktning men ledningen blifva sluten inom sig själf och således ingenstädes släppa ut strömmen. Om man däremot tänker sig a förenad med b och a_1 med b_1, komma i dessa föreningsstycken motsatta strömmar att möta hvarandra, på liknande sätt som i Gramme-ringens omkastningspunkter. Vid truminduktorns kringvridning ligga dessa punkter, liksom vid ringen, på ett fjärdedels hvarfs afstånd från magnetpolernas innersta punkter. Anbringas på dessa ställen ett par diametralt motsatta borstar, G och H (fig. 53), måste för hvarje halft

Fig. 51. Truminduktor.

hvarf kontakt uppstå mellan borstarna och nyssnämnda med bågarna C, C_1 betecknade föreningsstycken. Till det föreningsstycke C eller C_1, som för tillfället befinner sig öfverst, flyter strömmen alltid från samma håll, t. ex. positiva strömmen åt höger, och i det nedersta åt motsatt håll. Om induktorn roterar åt höger, blifver därför

Fig. 52.

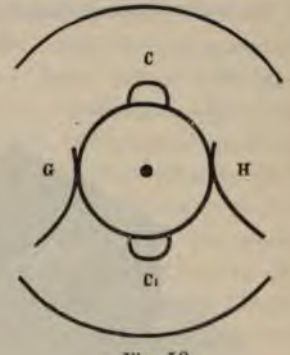


Fig. 53.

H alltid positivt och G negativt elektrisk; i en mellan dem båda inkopplad yttre ledning kommer således en likriktad ström att framgå, i riktning från H till G.

Hvad nu är sagdt om två trådlindningar gäller tydligen äfven om flera, ehuru trådarnas sammanställning blir mera invecklad, i synnerhet då lindningarna äro sammanförda till flera spolar. På truminduktorn finnes alltid ett stort antal spolar och lika många föreningsstycken, inbördes isolerade och bildande en cirkel kring axeln. De utgöra maskinens strömsamlare, och mot dem släpa kontaktborstarna. Fig. 54 framställer schematiskt en truminduktor med 8 spolar och dess strömsamlare. De båda stora cirklarna föreställa induktorns ändytor. Pilarna angifva strömmens riktning, på induktorns öfre hälft alltid från vänster till höger, på den undre tvärt om.

I det å bilden framställda läget befinna sig öfre grenarna af de med hvarandra förenade spolarna VI—VI′ och IV—IV′ samtidigt på den öfre sydmagnetiska hälften af cylindern och föra därför likriktad ström till föreningsstycket X; sammalunda de båda undre grenarna af spolarna V—V′ och III—III′ till X′. Dessa båda förenings-

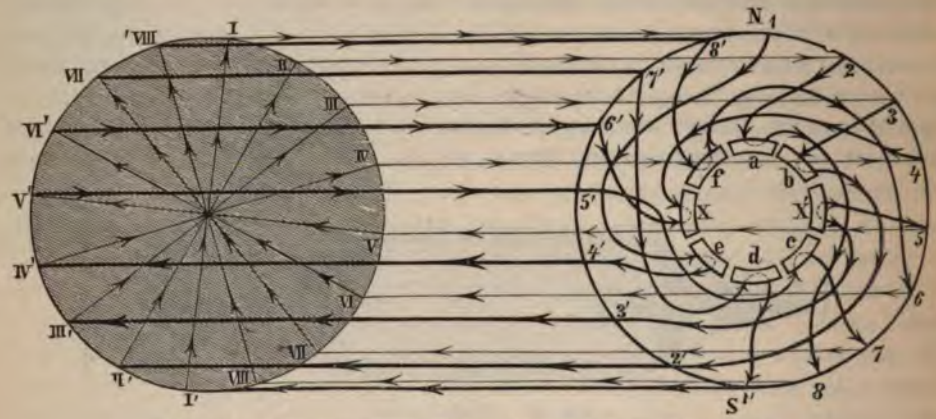


Fig. 54. Schematisk framställning af truminduktorns trådlindning.

stycken utgöra därför i detta läge strömmens uttagningsställen. Efter ett åttondels hvarf ha delarna *b* och *e* intagit deras plats och råkat i kontakt med borstarna, och sålunda fortgår strömuttagningen hela hvarfvet rundt.

Denna invecklade trumlindning påstods till en början skola äga betydligt företräde framför den enkla spirallindningen kring Grammes ring. Erfarenheten har dock visat,

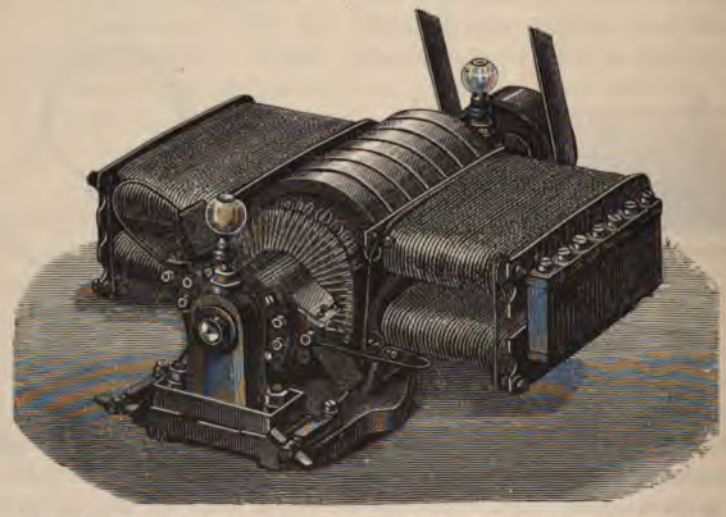


Fig. 55. Siemens & Halskes dynamo med truminduktor; äldre modell.

att båda hafva samma verkningsförmåga; valet mellan båda är därför i de flesta fall blott en smakfråga. Till och med firman Siemens & Halske själf har sålunda uti sina största dynamomaskiner användt ringinduktor. Hufvudfördelen med truminduk-

torn är emellertid att den onyttiga delen af trådlindningen förkortas, så att induktorns motstånd minskas.

De armaturer, som förekomma uti nutidens dynamos, äro, om ock i många hänseenden skiljaktiga i detaljerna, till sin princip öfverensstämmande antingen med Grammes ring eller v. Hefner-Altenecks (Siemens') trumma och indelas därför i *ring-* och *truminduktorer*.

I likhet med den förra sammansattes till en början äfven truminduktorns kärna af ett järntrådsknippe liggande utomkring en trärulle. Numera tillverkas den, enligt amerikanaren Westons system, af ett stort antal runda järnplåtar, uppträdda på den gemensamma rotationsaxeln och inbördes åtskilda genom tunna pappersmellanlägg. Det hela sammanhålles genom starka ändplattor och skrufbultar.

En dynamomaskin med truminduktor, enligt Siemens & Halskes äldre konstruktion, afbildas å fig. 55. Å båda sidor om induktorn ligga de platta elektromagneterna, hvilkas järnkärnor utgöras af ett antal järnstänger, som å midten äro cirkelformigt utböjda och bilda magneternas polstycken, omfattande induktorn. De båda öfre skänklarna äro liknämnda; likaså de båda undre. Vinkelrätt mot polernas vertikala föreningslinie släpa borstarna, hvilkas ställning kan lämpas efter belastningen. Är det yttre motståndet stort, göras trum- och magnetspolar af mycket fin tråd, som lindas i många hvarf; vid ringa yttre motstånd användes däremot tjock tråd i ett mindre antal hvarf. På senare maskiner af denna typ äro elektromagneterna icke liggande utan stående. Den lilla hjälpmaskinen å fig. 87 visar en sådan konstruktion.

Mot slutet af 1880-talet framträdde Edison med en särskildt för glödlampbelysning afsedd dynamo, som i åtskilliga afseenden företer afsevärda förbättringar. I den å fig. 56 afbildade maskinen utgöra de armaturen omfattande tunga polstyckena fotställning för de höga, pelarformiga elektromagneterna, hvilka upptill förenas genom ett tvärstycke. Vid nyare typer af denna maskin gjordes dessa pelare vida lägre men gröfre, hvarigenom det magnetiska ledningsmotståndet minskades. Hela maskinen vinner ock därigenom i stabilitet. I jämförelse med förutvarande konstruktioner hafva elektromagneterna, i synnerhet vid nyare typer, en mycket betydlig järnmassa och erbjuda således en rymligare väg för det magnetiska kraftflödet, som därför också i rikligare mån genomströmmar dem, under inflytelsen af den inducerande elektriska strömmen i magnetlindningarna. Det magnetiska fältet blifver då ock i samma mån starkare och likaså dess inverkan på armaturen. Därtill bidrog äfven att Edison genom en ytterst noggrann tillverkning af truminduktorn kunde inskränka det s. k. »luftgapet» — spelrummet mellan trumytan och polstyckena — till det minsta möjliga, således göra kraftliniernas väg genom det mera motståndskraftiga luftlagret så kort och lätt som möjligt.

Slutligen använde Edison en glesare, enklare induktorlindning och kunde äfven utan olägenhet göra detta, emedan han i första rummet åstadkom den erforderliga elektriska spänningen genom det magnetiska fältets förstärkande. För att göra inre motståndet så litet som möjligt bildas trumbeläggningen utaf tjocka kopparstänger (fig. 57), förenade med hvarandra genom en strömsamlare liksom trådlindningarna på den Hefnerska induktorn. Magnetlindningarna ha betydligt större motstånd och stå icke i förening med yttre ledningen utan erhålla sin ström genom en sidoslutning. Från strömsamlaren föres strömmen nämligen genom trådarna R (fig. 56), hvarefter den delar sig så, att en gren går genom magnetkärnorna och en annan genom den

I det å bilden framställda läget befinna sig öfre grenarna af de med hvaran förenade spolarna VI—VI′ och IV—IV′ samtidigt på den öfre sydmagnetiska häl af cylindern och föra därför likriktad ström till föreningsstycket X; sammalunda båda undre grenarna af spolarna V—V′ och III—III′ till X′. Dessa båda förenin

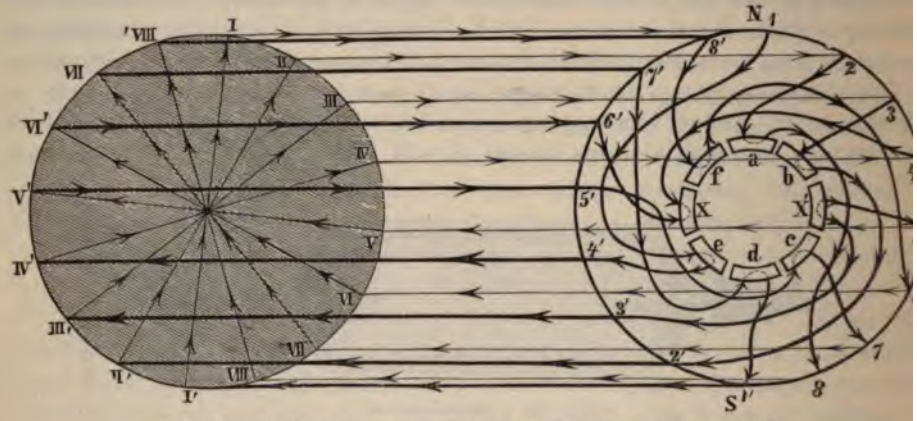


Fig. 54. Schematisk framställning af truminduktorns trådlindning.

stycken utgöra därför i detta läge strömmens uttagningsställen. Efter ett åttond hvarf ha delarna *b* och *e* intagit deras plats och råkat i kontakt med borstarna, sålunda fortgår strömuttagningen hela hvarfvet rundt.

Denna invecklade trumlindning påstods till en början skola äga betydligt företr framför den enkla spirallindningen kring Grammes ring. Erfarenheten har dock vi

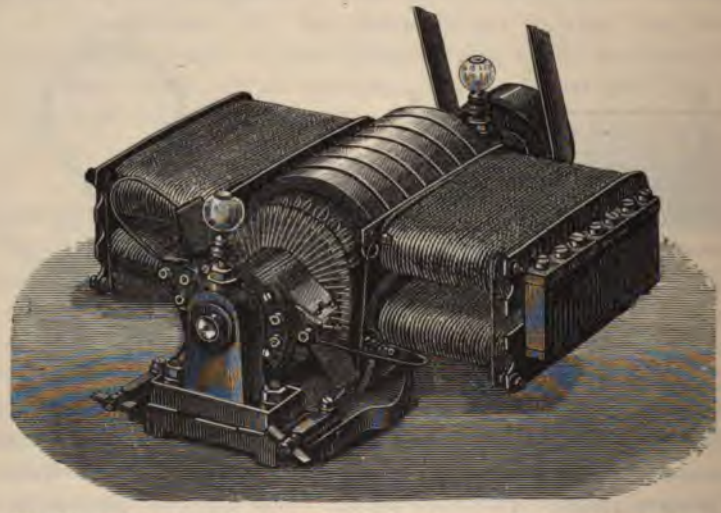


Fig. 55. Siemens & Halskes dynamo med truminduktor; äldre modell.

att båda hafva samma verkningsförmåga; valet mellan båda är därför i de flesta fa blott en smakfråga. Till och med firman Siemens & Halske själf har sålunda u sina största dynamomaskiner användt ringinduktor. Hufvudfördelen med trumindu

n är emellertid att den onyttiga delen af trådlindningen förkortas, så att induktorns tstånd minskas.

De armaturer, som förekomma uti nutidens dynamos, äro, om ock i många ıseenden skiljaktiga i detaljerna, till sin princip öfverensstämmande antingen med ımmes ring eller v. Hefner-Altenecks (Siemens') trumma och indelas därför i *ring-* *trumінduktorer.*

I likhet med den förra sammansattes till en början äfven truminduktorns kärna ett järntrådsknippe liggande utomkring en trärulle. Numera tillverkas den, enligt erikanaren Westons system, af ett stort antal runda järnplåtar, uppträdda på den nensamma rotationsaxeln och inbördes åtskilda genom tunna pappersmellanlägg. t hela sammanhålles genom starka ändplattor och skrufbultar.

En dynamomaskin med truminduktor, enligt Siemens & Halskes äldre konıktion, afbildas å fig. 55. Å båda sidor om induktorn ligga de platta elektromagerna, hvilkas järnkärnor utgöras af ett antal järnstänger, som å midten äro cirkelmigt utböjda och bilda magneternas polstycken, omfattande induktorn. De båda e skänklarna äro liknämnda; likaså de båda undre. Vinkelrätt mot polernas tikala föreningslinie släpa borstarna, hvilkas ställning kan lämpas efter belastgen. Är det yttre motståndet stort, göras trum- och magnetspolar af mycket tråd, som lindas i många hvarf; vid ringa yttre motstånd användes däremot tjock d i ett mindre antal hvarf. På senare maskiner af denna typ äro elektromagerna icke liggande utan stående. Den lilla hjälpmaskinen å fig. 87 visar en sådan ıstruktion.

Mot slutet af 1880-talet framträdde Edison med en särskildt för glödlampbelysıg afsedd dynamo, som i åtskilliga afseenden företer afsevärda förbättringar. I den fig. 56 afbildade maskinen utgöra de armaturen omfattande tunga polstyckena fotställıg för de höga, pelarformiga elektromagneterna, hvilka upptill förenas genom ett tvärcke. Vid nyare typer af denna maskin gjordes dessa pelare vida lägre men öfre, hvarigenom det magnetiska ledningsmotståndet minskades. Hela maskinen nner ock därigenom i stabilitet. I jämförelse med förutvarande konstruktioner fva elektromagneterna, i synnerhet vid nyare typer, en mycket betydlig järnmassa h erbjuda således en rymligare väg för det magnetiska kraftflödet, som därför kså i rikligare mån genomströmmar dem, under inflytelsen af den inducerande ktriska strömmen i magnetlindningarna. Det magnetiska fältet blifver då ock i nma mån starkare och likaså dess inverkan på armaturen. Därtill bidrog äfven Edison genom en ytterst noggrann tillverkning af truminduktorn kunde inskränka s. k. »luftgapet» — spelrummet mellan trumytan och polstyckena — till det minmöjliga, således göra kraftliniernas väg genom det mera motståndskraftiga luftret så kort och lätt som möjligt.

Slutligen använde Edison en glesare, enklare induktorlindning och kunde äfven n olägenhet göra detta, emedan han i första rummet åstadkom den erforderliga ktriska spänningen genom det magnetiska fältets förstärkande. För att göra inre tståndet så litet som möjligt bildas trumbeläggningen utaf tjocka kopparstänger g. 57), förenade med hvarandra genom en strömsamlare liksom trådlindningarna på n Hefnerska induktorn. Magnetlindningarna ha betydligt större motstånd och stå te i förening med yttre ledningen utan erhålla sin ström genom en sidoslutning. ån strömsamlaren föres strömmen nämligen genom trådarna R (fig. 56), hvarefter n delar sig så, att en gren går genom magnetkärnorna och en annan genom den

I det å bilden framställda läget befinna sig öfre grenarna af de med hvaran förenade spolarna VI—VI′ och IV—IV′ samtidigt på den öfre sydmagnetiska häl af cylindern och föra därför likriktad ström till föreningsstycket X; sammalunda båda undre grenarna af spolarna V—V′ och III—III′ till X′. Dessa båda förenin

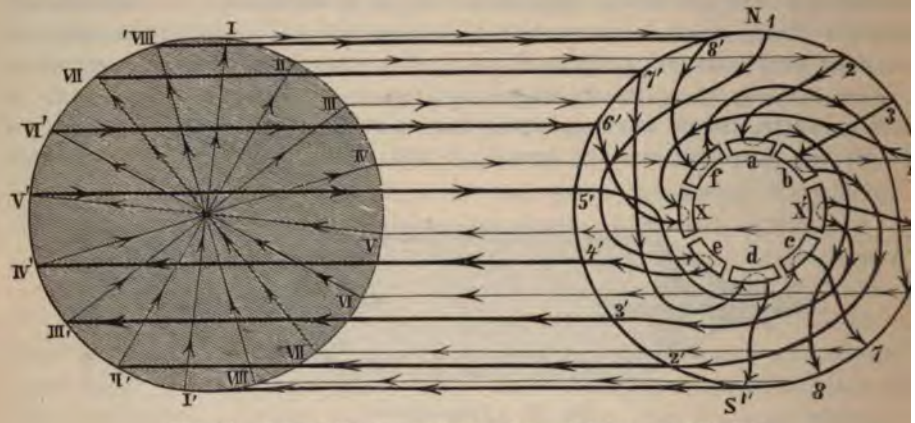


Fig. 54. Schematisk framställning af truminduktorns trådlindning.

stycken utgöra därför i detta läge strömmens uttagningsställen. Efter ett åtton hvarf ha delarna *b* och *e* intagit deras plats och råkat i kontakt med borstarna, sålunda fortgår strömuttagningen hela hvarfvet rundt.

Denna invecklade trumlindning påstods till en början skola äga betydligt företr framför den enkla spirallindningen kring Grammes ring. Erfarenheten har dock vi

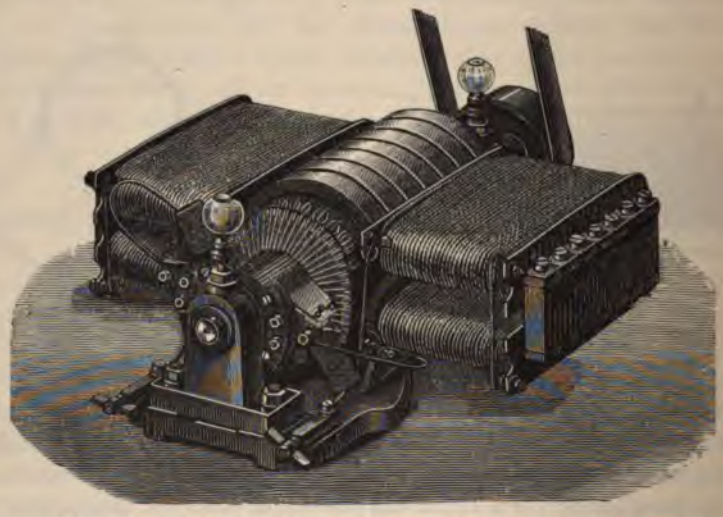


Fig. 55. Siemens & Halskes dynamo med truminduktor; äldre modell.

att båda hafva samma verkningsförmåga; valet mellan båda är därför i de flesta fa blott en smakfråga. Till och med firman Siemens & Halske själf har sålunda v sina största dynamomaskiner användt ringinduktor. Hufvudfördelen med trumindu

n är emellertid att den onyttiga delen af trådlindningen förkortas, så att induktorns tstånd minskas.

De armaturer, som förekomma uti nutidens dynamos, äro, om ock i många seenden skiljaktiga i detaljerna, till sin princip öfverensstämmande antingen med mmes ring eller v. Hefner-Altenecks (Siemens') trumma och indelas därför i *ring-* *truminduktorer.*

I likhet med den förra sammansattes till en början äfven truminduktorns kärna ett järntrådsknippe liggande utomkring en trärulle. Numera tillverkas den, enligt erikanaren Westons system, af ett stort antal runda järnplåtar, uppträdda på den ensamma rotationsaxeln och inbördes åtskilda genom tunna pappersmellanlägg. hela sammanhålles genom starka ändplattor och skrufbultar.

En dynamomaskin med truminduktor, enligt Siemens & Halskes äldre konktion, afbildas å fig. 55. Å båda sidor om induktorn ligga de platta elektromagerna, hvilkas järnkärnor utgöras af ett antal järnstänger, som å midten äro cirkelmigt utböjda och bilda magneternas polstycken, omfattande induktorn. De båda skänklarna äro liknämnda; likaså de båda undre. Vinkelrätt mot polernas tikala föreningslinie släpa borstarna, hvilkas ställning kan lämpas efter belastgen. Är det yttre motståndet stort, göras trum- och magnetspolar af mycket tråd, som lindas i många hvarf; vid ringa yttre motstånd användes däremot tjock d i ett mindre antal hvarf. På senare maskiner af denna typ äro elektromagerna icke liggande utan stående. Den lilla hjälpmaskinen å fig. 87 visar en sådan nstruktion.

Mot slutet af 1880-talet framträdde Edison med en särskildt för glödlampbelysg afsedd dynamo, som i åtskilliga afseenden företer afsevärda förbättringar. I den ig. 56 afbildade maskinen utgöra de armaturen omfattande tunga polstyckena fotställg för de höga, pelarformiga elektromagneterna, hvilka upptill förenas genom ett tvärcke. Vid nyare typer af denna maskin gjordes dessa pelare vida lägre men fre, hvarigenom det magnetiska ledningsmotståndet minskades. Hela maskinen ner ock därigenom i stabilitet. I jämförelse med förutvarande konstruktioner fva elektromagneterna, i synnerhet vid nyare typer, en mycket betydlig järnmassa h erbjuda således en rymligare väg för det magnetiska kraftflödet, som därför kså i rikligare mån genomströmmar dem, under inflytelsen af den inducerande ktriska strömmen i magnetlindningarna. Det magnetiska fältet blifver då ock i nma mån starkare och likaså dess inverkan på armaturen. Därtill bidrog äfven Edison genom en ytterst noggrann tillverkning af truminduktorn kunde inskränka s. k. »luftgapet» — spelrummet mellan trumytan och polstyckena — till det minmöjliga, således göra kraftliniernas väg genom det mera motståndskraftiga luftret så kort och lätt som möjligt.

Slutligen använde Edison en glesare, enklare induktorlindning och kunde äfven n olägenhet göra detta, emedan han i första rummet åstadkom den erforderliga ktriska spänningen genom det magnetiska fältets förstärkande. För att göra inre tståndet så litet som möjligt bildas trumbeläggningen utaf tjocka kopparstänger . 57), förenade med hvarandra genom en strömsamlare liksom trådlindningarna på n Hefnerska induktorn. Magnetlindningarna ha betydligt större motstånd och stå e i förening med yttre ledningen utan erhålla sin ström genom en sidoslutning. ån strömsamlaren föres strömmen nämligen genom trådarna R (fig. 56), hvarefter n delar sig så, att en gren går genom magnetkärnorna och en annan genom den

I det å bilden framställda läget befinna sig öfre grenarna af de med hvarandra förenade spolarna VI—VI′ och IV—IV′ samtidigt på den öfre sydmagnetiska hälften af cylindern och föra därför likriktad ström till föreningsstycket X; sammalunda de båda undre grenarna af spolarna V—V′ och III—III′ till X′. Dessa båda förening-

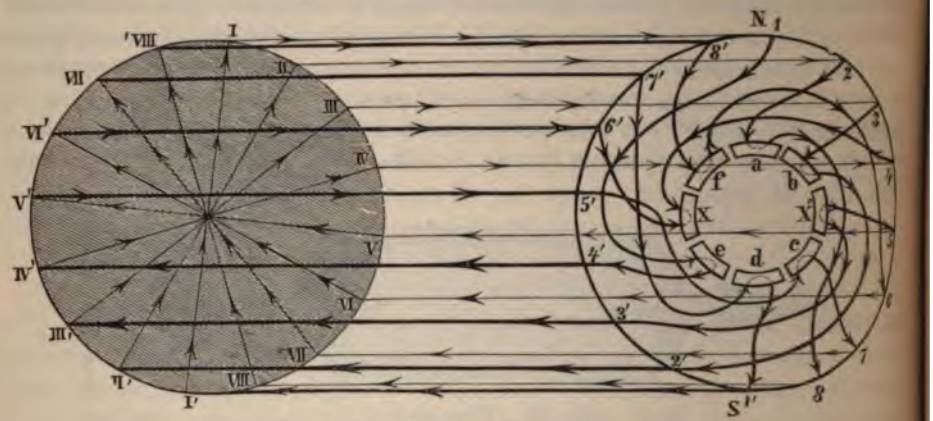


Fig. 54. Schematisk framställning af trumінduktorns trådlindning.

stycken utgöra därför i detta läge strömmens uttagningsställen. Efter ett åttondels hvarf ha delarna *b* och *e* intagit deras plats och råkat i kontakt med borstarna, och sålunda fortgår strömuttagningen hela hvarfvet rundt.

Denna invecklade trumlindning påstods till en början skola äga betydligt företräde framför den enkla spirallindningen kring Grammes ring. Erfarenheten har dock visat,

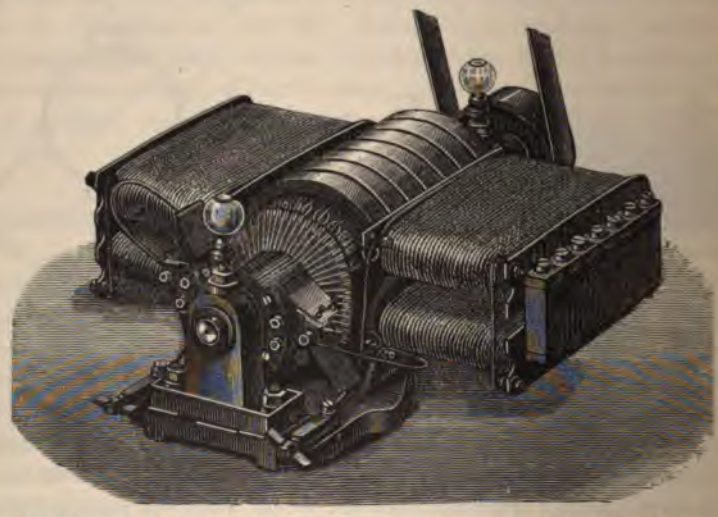


Fig. 55. Siemens & Halskes dynamo med trumінduktor; äldre modell.

att båda hafva samma verkningsförmåga; valet mellan båda är därför i de flesta fall blott en smakfråga. Till och med firman Siemens & Halske själf har sålunda till sina största dynamomaskiner användt ringinduktor. Hufvudfördelen med trumінduk-

torn är emellertid att den onyttiga delen af trådlindningen förkortas, så att induktorns motstånd minskas.

De armaturer, som förekomma uti nutidens dynamos, äro, om ock i många hänseenden skiljaktiga i detaljerna, till sin princip öfverensstämmande antingen med Grammes ring eller v. Hefner-Altenecks (Siemens') trumma och indelas därför i *ring-* och *truminduktorer*.

I likhet med den förra sammansattes till en början äfven truminduktorns kärna af ett järntrådsknippe liggande utomkring en trärulle. Numera tillverkas den, enligt amerikanaren Westons system, af ett stort antal runda järnplåtar, uppträdda på den gemensamma rotationsaxeln och inbördes åtskilda genom tunna pappersmellanlägg. Det hela sammanhålles genom starka ändplattor och skrufbultar.

En dynamomaskin med truminduktor, enligt Siemens & Halskes äldre konstruktion, afbildas å fig. 55. Å båda sidor om induktorn ligga de platta elektromagneterna, hvilkas järnkärnor utgöras af ett antal järnstänger, som å midten äro cirkelformigt utböjda och bilda magneternas polstycken, omfattande induktorn. De båda öfre skänklarna äro liknämnda; likaså de båda undre. Vinkelrätt mot polernas vertikala föreningslinie släpa borstarna, hvilkas ställning kan lämpas efter belastningen. Är det yttre motståndet stort, göras trum- och magnetspolar af mycket fin tråd, som lindas i många hvarf; vid ringa yttre motstånd användes däremot tjock tråd i ett mindre antal hvarf. På senare maskiner af denna typ äro elektromagneterna icke liggande utan stående. Den lilla hjälpmaskinen å fig. 87 visar en sådan konstruktion.

Mot slutet af 1880-talet framträdde Edison med en särskildt för glödlampbelysning afsedd dynamo, som i åtskilliga afseenden företer afsevärda förbättringar. I den å fig. 56 afbildade maskinen utgöra de armaturen omfattande tunga polstyckena fotställning för de höga, pelarformiga elektromagneterna, hvilka upptill förenas genom ett tvärstycke. Vid nyare typer af denna maskin gjordes dessa pelare vida lägre men gröfre, hvarigenom det magnetiska ledningsmotståndet minskades. Hela maskinen vinner ock därigenom i stabilitet. I jämförelse med förutvarande konstruktioner hafva elektromagneterna, i synnerhet vid nyare typer, en mycket betydlig järnmassa och erbjuda således en rymligare väg för det magnetiska kraftflödet, som därför också i rikligare mån genomströmmar dem, under inflytelsen af den inducerande elektriska strömmen i magnetlindningarna. Det magnetiska fältet blifver då ock i samma mån starkare och likaså dess inverkan på armaturen. Därtill bidrog äfven att Edison genom en ytterst noggrann tillverkning af truminduktorn kunde inskränka det s. k. »luftgapet» — spelrummet mellan trumytan och polstyckena — till det minsta möjliga, således göra kraftliniernas väg genom det mera motståndskraftiga luftlagret så kort och lätt som möjligt.

Slutligen använde Edison en glesare, enklare induktorlindning och kunde äfven utan olägenhet göra detta, emedan han i första rummet åstadkom den erforderliga elektriska spänningen genom det magnetiska fältets förstärkande. För att göra inre motståndet så litet som möjligt bildas trumbeläggningen utaf tjocka kopparstänger (fig. 57), förenade med hvarandra genom en strömsamlare liksom trådlindningarna på den Hefnerska induktorn. Magnetlindningarna ha betydligt större motstånd och stå icke i förening med yttre ledningen utan erhålla sin ström genom en sidoslutning. Från strömsamlaren föres strömmen nämligen genom trådarna R (fig. 56), hvarefter den delar sig så, att en gren går genom magnetkärnorna och en annan genom den

yttre ledningen *LL*. Denna anordning medför i vissa fall många fördelar, för hvilka vi längre fram skola närmare redogöra.

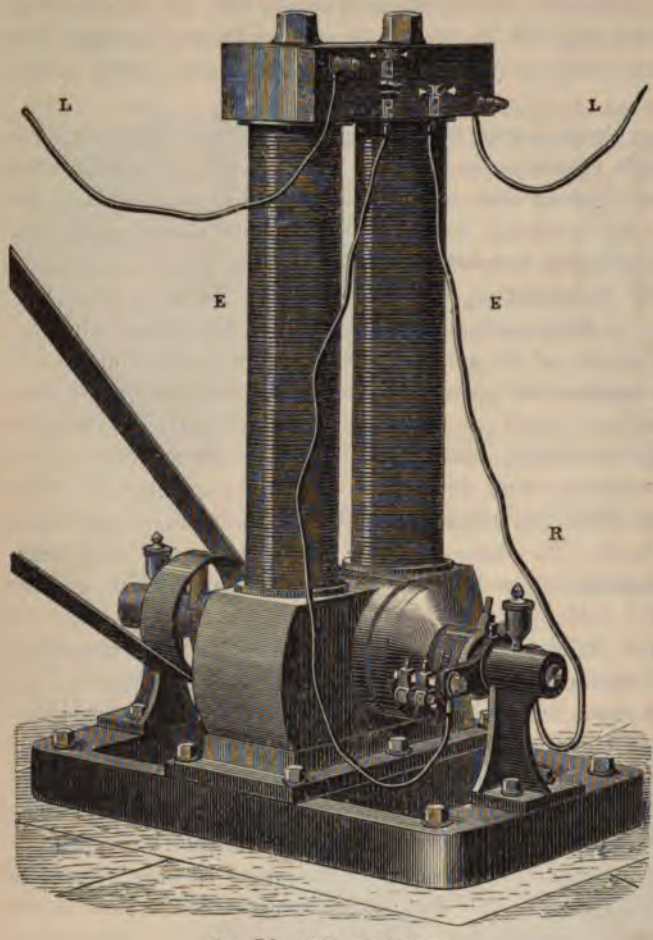


Fig. 56. Edison-dynamo.

Nyare dynamomaskiner. Hufvudprinciperna uti Edisons maskin utvecklades vidare af två engelska vetenskapsmän, bröderna Hopkinson, och vunno snabb tillslutning. »Stor järnmassa men möjligast litet koppar» blef nu en allmän grundsats för dynamotillverkningen, och konstruktörerna bemödade sig att bereda kraftlinierna möjligast breda och korta vägar. Tillämpningen af dessa grundsatser medförde äfven den fördel att i stället för det till magnetkärnor hittills hufvudsakligen använda smidjärnet kunna begagna det billigare gjutjärnet; denna järnart genomsläpper visserligen icke lika lätt de magnetiska kraftlinierna men medgifver i stället att gjuta hela maskinstommen och järnkärnorna i ett enda stycke och sålunda slippa det mödosamma arbetet af flera skilda delars noggranna anpassning och sammansättning. Olägenheterna af gjutjärnets ringare magnetiserbarhet motvägdes genom något större dimensioner och användande af litet mera tråd. Härigenom uppkommo dessa kraftiga, man skulle nästan vilja säga knubbiga maskintyper, hvilka i växlande former numera användas inom industrien.

Fig. 57. Edison-induktor.

Dessa olika arter äro oftast konstruerade för skilda ändamål, hvilka, för att väl fyllas, hvar för sig fordra olika anordningar och detaljer, som åt hvarje maskinart vanligen gifva i vissa afseenden företräden framför andra arter, medan den i öfrigt kan vara dem underlägsen. Så erfordrar exempelvis

utfällningen af metaller låg spänning, ofta endast ett par volt, men stark ström, medan det för glödlampbelysning användes en spänning af vid pass 100 volt. För stora belysningscentra användas ofta s. k. *innerpolmaskiner*, hvilkas magnetpoler äro belägna innanför den ringformiga armaturen och där trådarna på ringens utsida själfva bilda den strömsamlare, mot hvilken borstarna glida. Vid kraftöfverföringar

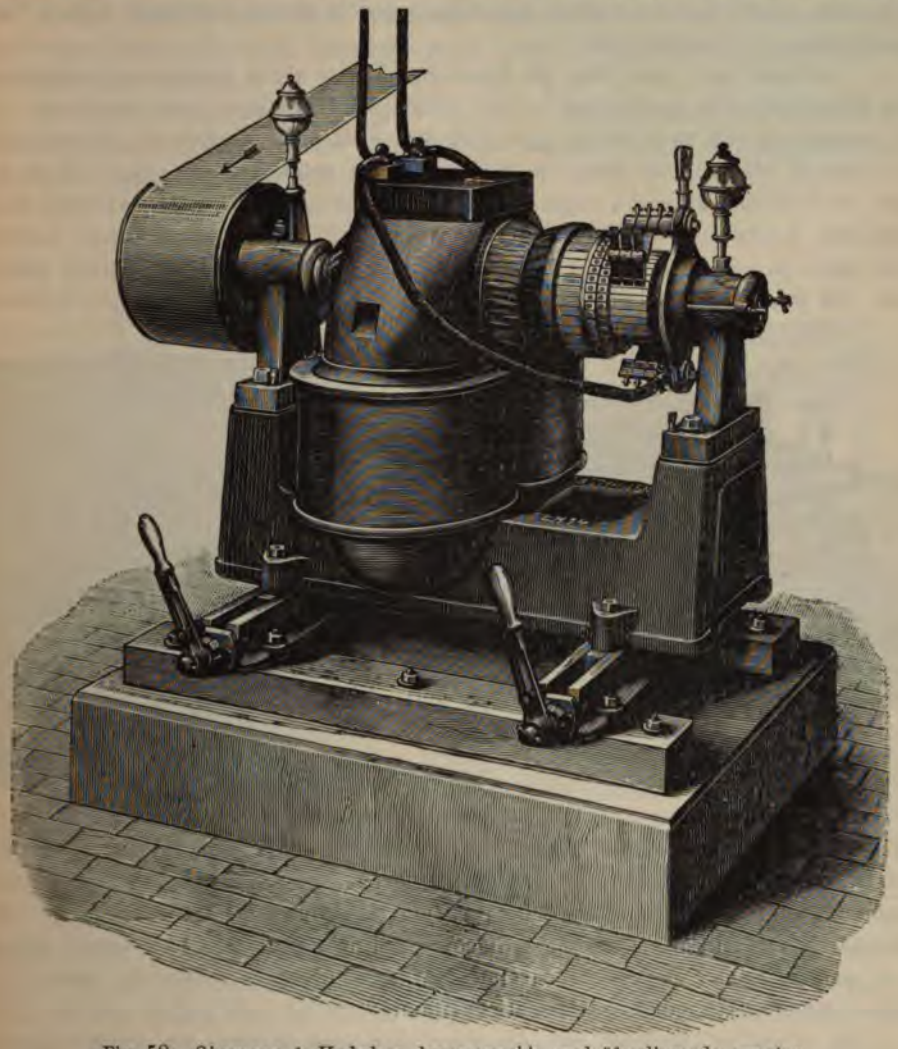


Fig. 58. Siemens & Halskes dynamomaskin med öfverliggande armatur.

på långa afstånd förekomma ofta spänningar af flera hundra, ja tusentals volt. Maskiner för likriktad ström utföras dock sällan med högre spänning än 1200—2000 volt. För ännu högre spänningar har man därför numera *växelströmmaskiner*. Klart är för öfrigt, att, om en och samma armatur skulle lindas i ena fallet för låg spänning, i det andra för hög sådan, så erfordras i det senare fallet ett stort antal hvarf med fin tråd, i förra fallet däremot färre hvarf med gröfre tråd.

Af nu antydda anledningar finnes det därför numera en riklig mångfald af olika maskinarter; flera af dem förekomma i olika modeller. Bland alla dessa typer kunna

vi här omnämna endast några, som äro mera allmänt bekanta, särskildt kännetecknande eller eljest kunna anses vara af speciellt intresse.

Gramme och Siemens & Halske åstadkommo ganska snart och nästan samtidigt nya maskiner, snarlika den Edisonska typen men med armaturen förlagd upptill i st. f. nedtill (fig. 58). De ovanligt grofva elektromagneterna omgifvas af korta trådspolar, vända polerna uppåt och förenas nedtill genom fotplattan, med hvilken de äro gjutna i ett enda stycke.

I ändamål att icke blott på förmånligaste sätt alstra utan äfven i möjligaste mån tillgodogöra den magnetiska kraften ställde W. Lahmeyer i sin maskin (fig. 59, 60) magnetkärnorna med polerna inåtvända och midt emot hvarandra. Kraftlinierna föranledas då att i största mängd taga vägen genom induktorn, och endast ett mycket ringa antal af dem gå andra vägar, emedan magneternas öfriga delar, hvarifrån dessa »läckande» kraftstrålar sträfva att möta hvarandra, till följd af dessa delars omböjda form ligga på betydligt inbördes afstånd. Det magnetiska fältet blir därför ganska starkt och maskinen jämförelsevis kraftig. Den tillverkas af» *Deutsche Elektrizitäts-*

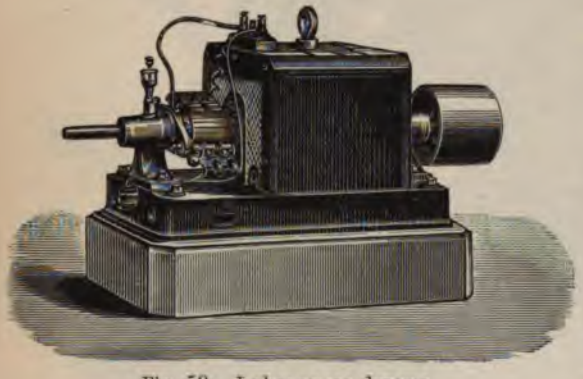


Fig. 59. Lahmeyers dynamo.

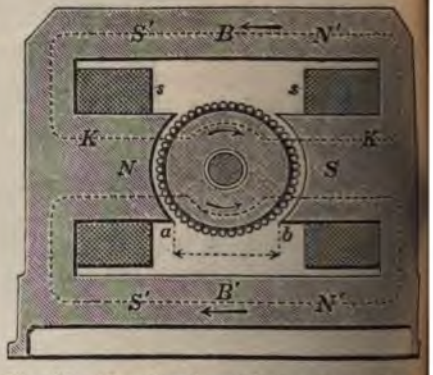


Fig. 60. Tvärskärning af Lahmeyers dynamo, utvisande magnetströmmarnas gång.

werke» i Aachen och har i Tyskland vunnit vidsträckt användning samt äfven införts i Sverige. Af bilderna synes, att den består af en grof, fyrkantig järnram, från hvars inre, lodräta sidor de båda polkärnorna framspringa, mellan hvilka trum-induktorn roterar. Innan denna sättes på sin plats, instickas från sidorna de båda trådrullarna och påträdas kärnorna. Sidoöppningarna täckas med påskrufvade plåtar, så att hela maskinen ser ut som en sluten järnlåda, ur hvars gaflar blott axeländarna med strömsamlare och drifremskifva sticka fram.

En väsentlig olägenhet vid de äldre dynamomaskinerna var deras uppvärmning vid större rotationshastighet. De därvid alstrade starka strömmarna upphetta trådspolarna; järnkärnan upphettas genom den oupphörliga ommagnetiseringen och detta desto mera, ju starkare magnetismen och ju större rotationshastigheten äro. För att möjligast minska spolarnas upphettning bör armaturens onyttiga motstånd minskas och således trådlindningarna så anordnas, att alla deras delar påverkas lika starkt af den inducerande magnetkraften. Detta är icke fallet exempelvis i Grammes ring, där visserligen de yttre hälfterna af spiralhvarfven ha ett gynnsamt läge men icke så de inre, frånvända hälfterna, hvari till och med ogynnsamma strömmar kunna induceras och hvilkas ledningsmotstånd är minst sagdt onyttigt.

Denna olägenhet har man sökt afhjälpa på åtskilliga sätt. Firman C. & E. Fein har sålunda i sin å fig. 61, 62 afbildade maskin vid magneternas *M*, *M'* poler fastskrufvat omböjda polstycken i form af en järncylinder, som skjuter in i det inre af induktorringen *R R* och sålunda sprider polernas inducerande verkan äfven till trådspolarnas inre delar. Ringen är medelst metallskifvan *SS* fäst vid axeln *aa*, och genom denna skifva föras spolarnas isolerade ändtrådar till strömsamlaren *C*. Elektromagneterna äro med liknämnda poler vända mot hvarandra, nordpolerna upptill, sydpolerna nedtill.

Feins maskin, som till det yttre mycket liknar Grammes, har till följd af de omböjda polstyckena således det företrädet att jämnare fördela den magnetiska kraften öfver spolarnas hela yta.

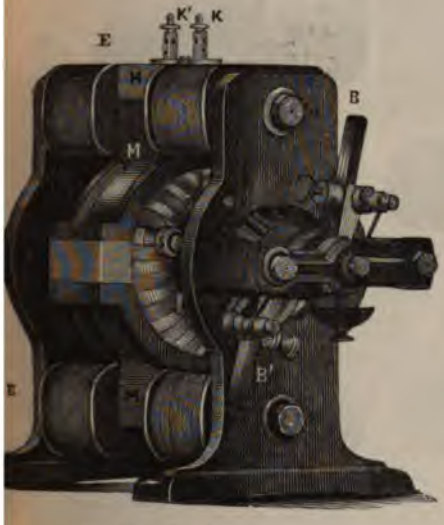


Fig. 61. Feins dynamo.

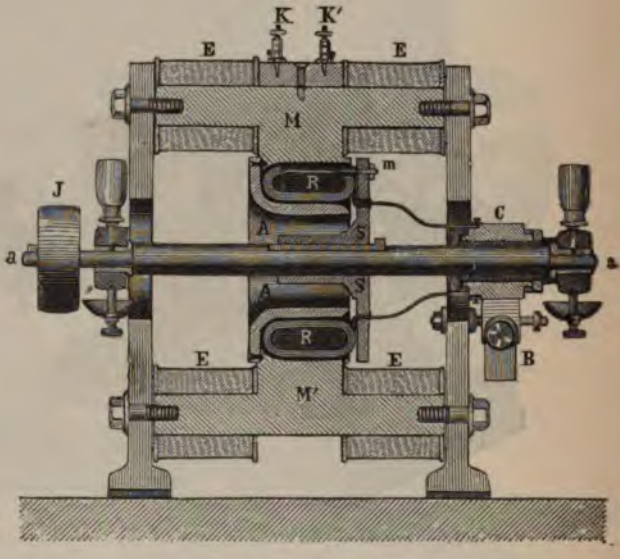


Fig. 62. Genomskärning.

Samma fördel har S. Schuckert i Nürnberg sökt vinna genom en något ändrad form af Gramme-ringen. Denna var ursprungligen mera bred än tjock och påverkades af elektromagneterna hufvudsakligen endast på den yttre, breda ytan. I Schuckerts maskin (fig. 63, 64) är ringen *kk* däremot så platt, att bredden endast uppgår till en fjärdedel af tjockleken, och den omfattas äfven på sidorna af de likt en djup ränna formade polstyckena *pp* till magneterna *EE*. Endast de korta trådbukterna på ringens inre omkrets varda därför mindre inducerade. Denna maskin liknar äfven i öfrigt mycket den Grammeska, dock är kollektorn ändamålsenligare förlagd utanför själfva ställningen. Men i dem båda, så väl som i den nyss beskrifna Feins maskin, är kraftliniernas väg fortfarande jämförelsevis lång, och motståndet å denna väg ökas genom maskinens sammansättning utaf flera skilda delar. Detta oaktadt har den Schuckertska plattringmaskinen till följd af andra goda egenskaper funnit stor spridning och användande.

Sträfvandet att förbättra fältmagneternas konstruktion och därjämte åstadkomma en god mekanisk anordning af hela maskinen gaf upphof åt den mycket efterbildade »*Manchestertypen*», först tillverkad af firman Mather & Platt i Manchester. Enligt denna typ (fig. 65) ställas två grofva magnetkärnor på en stark grundplatta och förenas upptill genom ett kraftigt tvärstycke, som utgör maskinens ena pol, medan grundplattan bildar den andra, bådadera försedda med framspringande poländar, mellan hvilka armaturen roterar. Denna utgöres af en Grammes ring, men med obetydligt motstånd och god ventilation. Polstyckenas rundning är elliptisk, så att spelrummet blir något mindre vid midten, hvarigenom det magnetiska fältet mera koncentreras. Kraftliniernas väg är ganska förmånlig och maskinen mycket stadig. — I Sverige äro dynamos af denna typ tillverkade hos Palmcrantz & C:o i Stockholm.

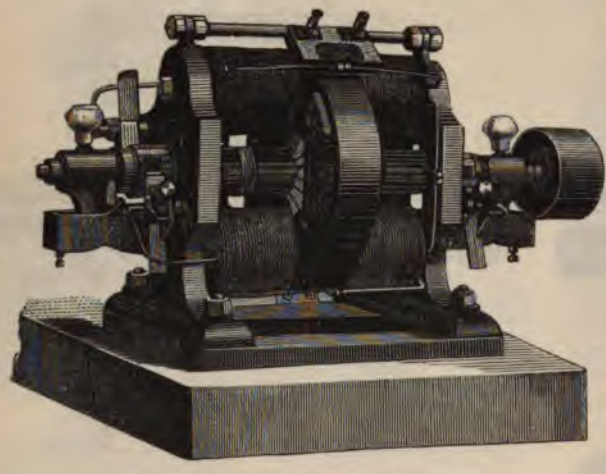


Fig. 63. Schuckerts plattringmaskin.

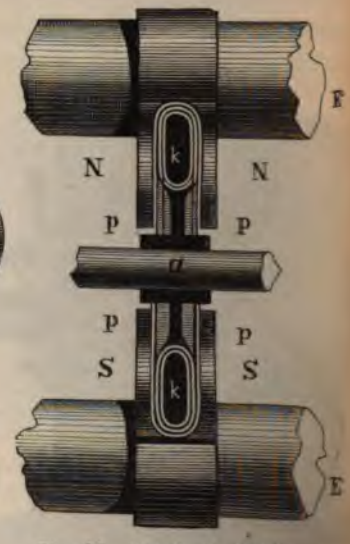


Fig. 64. Detalj af plattringen.

Vid större kraftbehof använder man nu för tiden mestadels *flerpoliga* maskiner. Dessa kunna emellertid anordnas på väsentligen olika sätt. En sådan maskin är exempelvis Schuckerts dynamo, hufvudsakligen liknande plattringmaskinen men med 8 elektromagneter, till halfva antalet fastskrufvade på hvardera af maskinens ändstycken, och med liknämnda poler vända mot, men oliknämnda poler bredvid hvarandra. Magnetfältet blir sålunda fyrpoligt, med två nord- och två sydpoler, ehuru hvardera alstras af två på hvar sin sida om induktorn anbragta magneter.

Man kan emellertid äfven gå till väga på ett annat sätt. Ofvan är omtaladt, hvilka väsentliga olägenheter som vid de äldre dynamomaskinerna föranleddes af den för större kraftutveckling erforderliga betydliga omloppshastigheten. Dennas uppgift är ju att mycket snabbt föra induktorns trådspolar genom det magnetiska fältet. Detta skulle emellertid, tycker man, lika bra kunna ske genom att öka icke ringens rörelsehastighet men väl dess diameter, så att trådspolarna komme längre ut från medelpunkten, och detta ginge nog för sig. Men af ringens förstorande följer ock så väl ett ökadt afstånd mellan magneterna som äfven ett ökande af maskinens alla dimensioner därhän, att den blifver tung och klumpig. Man valde därför att hellre

förlägga magneterna *inuti* den förstorade ringen, där det fanns utrymme tillräckligt, och då kunde man på samma gång äfven lätt åstadkomma flera poler, genom att anbringa magneterna i radiernas riktning, likt ekrarna i ett hjul, samt låta ett motsvarande antal ledningar, på lämpligt sätt parallelkopplade, upphämta strömmen. I stället för halfva strömstyrkan, såsom å Grammes ring, kommer hvarje induktorspole då att upptaga blott en fjärdedel, en sjettedel o. s. v. däraf, alltefter polernas antal, och kan därför lindas med finare tråd.

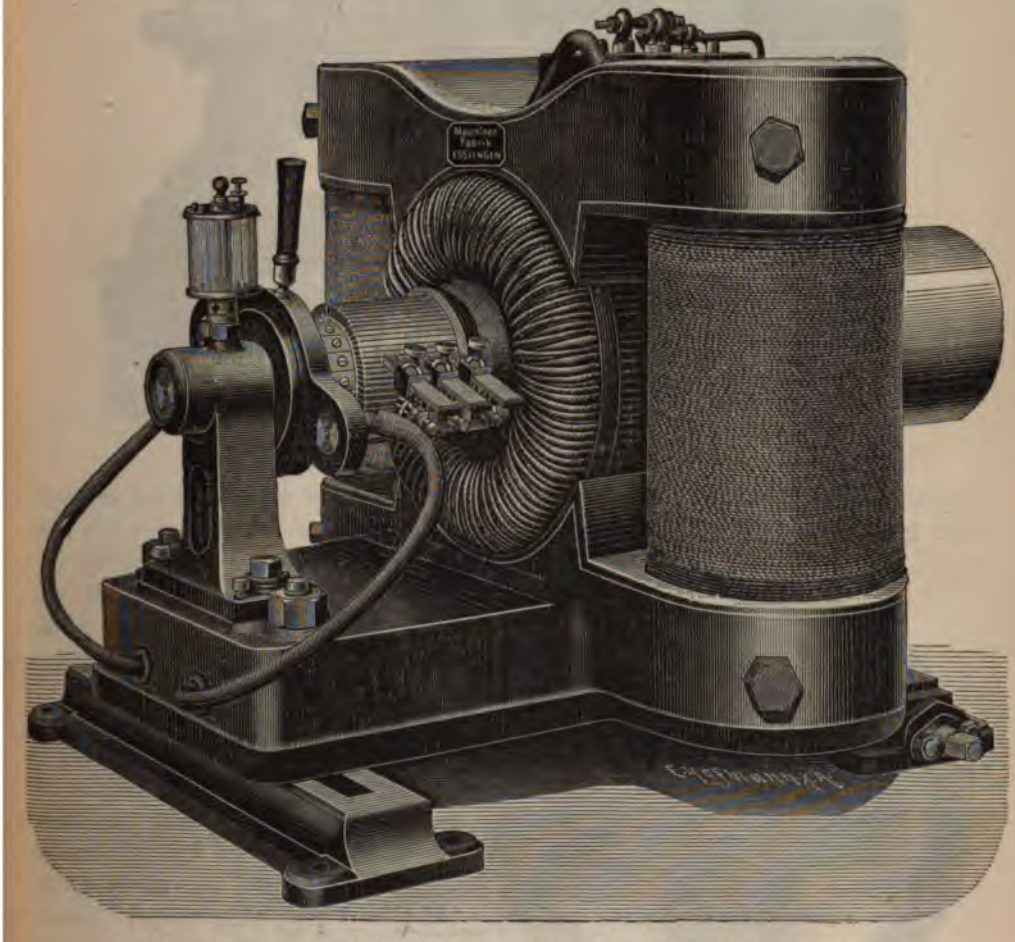


Fig. 65. Dynamomaskin af Manchestertypen, tillverkad af »Maschinenfabrik Esslingen».

En sådan *»innerpolmaskin»*, af Feins konstruktion, afbildas å fig. 66; ringens och magneternas anordning framställes schematiskt å fig. 67. De fyra järnkärnorna med sina trådlindningar bilda här ett kors kring ett rör, som är fäst i maskinställningen. Genom detta rör går induktorringens rotationsaxel, hvarå äfven finnes anbragt en hjulkrans, med hvilken ringen är förenad genom bultar. Induktorns spolar stå genom ledningstrådar i förbindelse med kollektorlamellerna.

Innerpolmaskinerna hafva sålunda fördelarna af minskad omloppshastighet och ändamålsenligare anordning af elektromagneterna. Därtill kommer emellertid äfven

möjligheten af en annan förenkling, om ock blott vid de större maskinerna, nämligen kollektorns borttagande. Å de jättemaskiner, som exempelvis finnas i Berlins central-

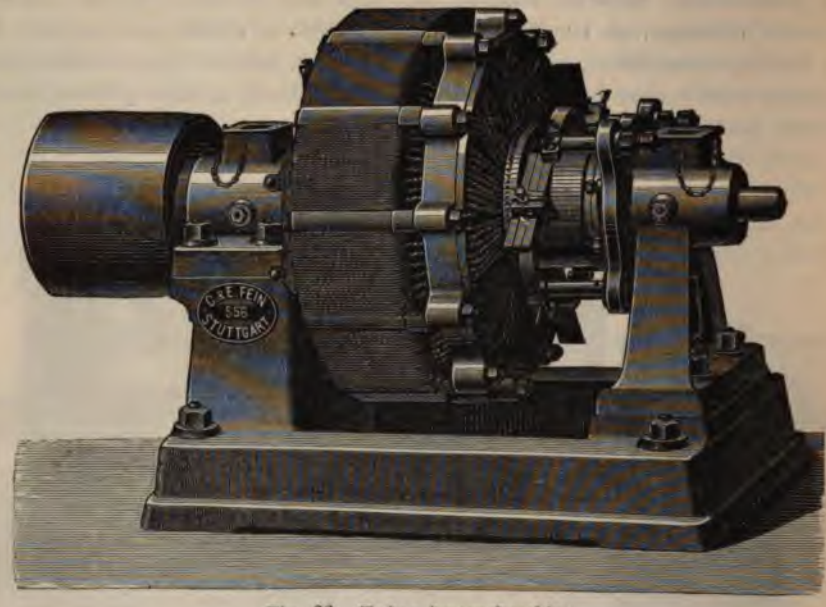


Fig. 66. Feins innerpolmaskin.

belysningsstationer, är induktorn lindad blott i ett enda hvarf, men därtill har användts icke koppartråd utan tämligen tjocka kopparstänger, väl isolerade inbördes och från

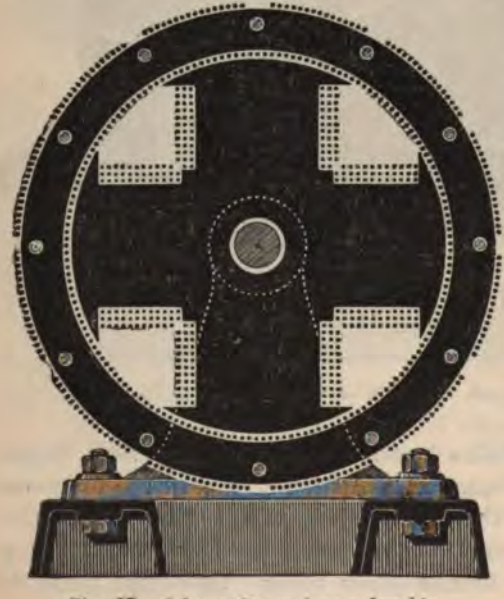


Fig. 67. Schema för en innerpolmaskin.

själfva järnkärnan. Den yttre, fria kopparytan är slätsvarfvad, och mot denna glida kollektorborstarna, hvilka således uppsamla elektriciteten omedelbarligen från induktorlindningen.

Till denna klass af dynamos höra äfven de tre maskiner, hvilka af firman Siemens & Halske tillverkats för Stockholms elektricitetsverk, och hvaraf de båda mindre, om 250 hästkrafter hvardera, hafva sex, den större å 500 hkr. har 10 st. magnetpoler. Induktorernas rotationshastighet uppgår till endast 100 hvarf i minuten. Lindningen utgöres på ringens innersida och kanter af kopparplåtbyglar, på den yttre cylindriska ytan sinsemellan förenade genom gröfre kopparlameller, hvilka tillika tjänstgöra som kollektorlameller. Strömmen upphämtas nämligen medelst vanliga kopparborstar släpande öfver dessa lameller vid induktorns rotation. Den yttre diametern af den större maskinens induktor är 3 meter.

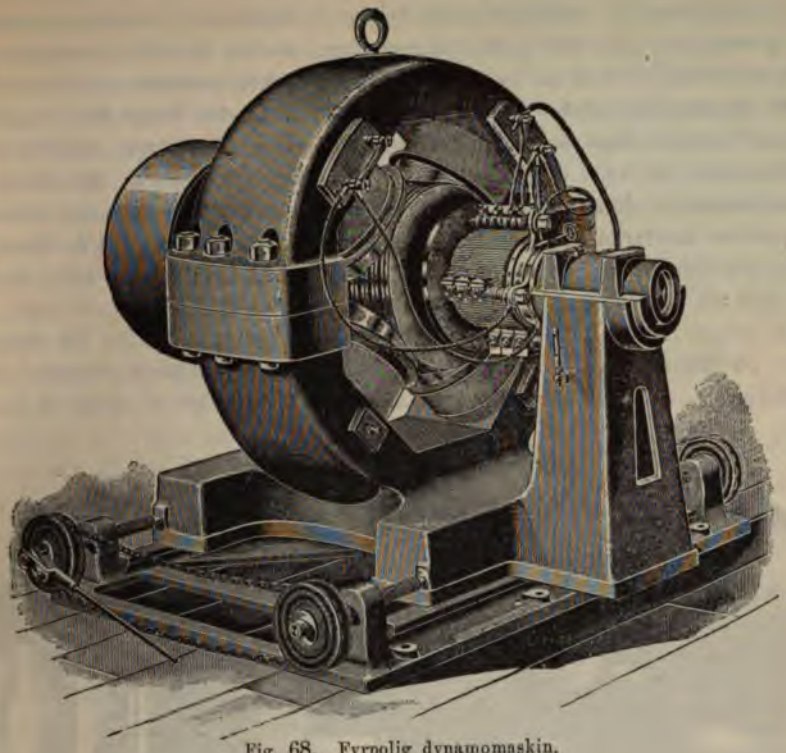


Fig. 68. Fyrpolig dynamomaskin.

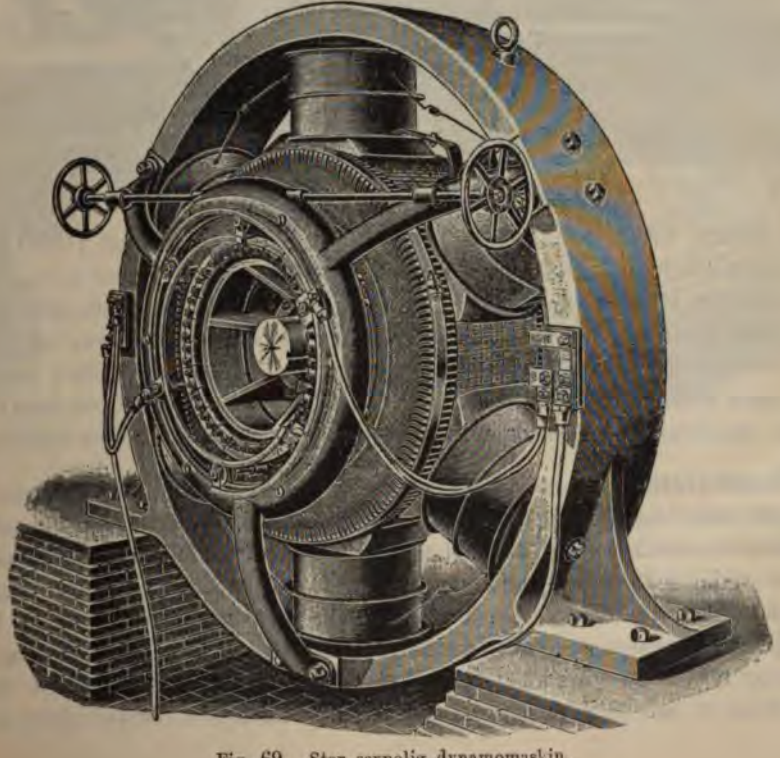


Fig. 69. Stor sexpolig dynamomaskin.

Vid alla flerpoliga maskiner måste tydligtvis kollektorn, där sådan finnes, få lika många strömpoler, som det finnes magnetpoler; teorien för den Grammeska ringen visar ju, att hvardera mot en magnetpol vänd ringhalfva utsänder en motsatt elektrisk ström till uppsamlingsstället. På samma sätt måste, då det finnes flera magnetpoler, från hvarje mot en sådan pol vänd del af induktorringen en ström utgå till närmaste uppsamlingsställe, d. v. s. kollektordel, och här måste också finnas, för dessa strömmars upphämtande, lika många borstar som strömpoler, men inbördes förenade, så att de positiva borstarna bilda en grupp, de negativa en annan. Vid de flesta mindre maskiner anordnar man emellertid denna koppling af ledningarna inuti ringen och kan då nöja sig med blott två borstar å kollektorn.

En annan numera mycket använd typ af flerpoliga maskiner har magneterna anbragta på innersidan af en yttre krans, inuti hvilken induktorn roterar. Vid den typ af flerpoliga dynamos, som tillverkas af flera utländska firmor, såsom Schuckert,

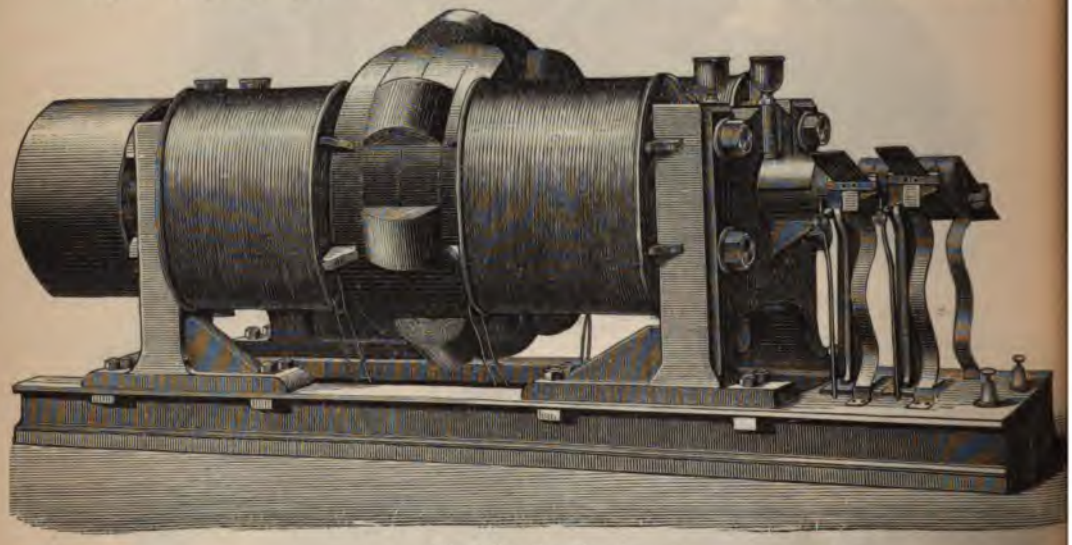


Fig. 70. Brushs dynamo.

Allgem. Elektr. Gesellschaft i Berlin, Oerlikon m. fl. äfvensom af Allm. Svenska Elektriska Aktiebolaget, samt af Luth och Roséns Elektriska Bolag i Sverige, äro magneterna sålunda anbragta inom och sammangjutna med en omslutande bred ring, ofta gjuten i ett stycke med bottenplattorna. De större maskinerna af denna typ hafva understundom denna bärring itudelad (fig. 68), så att öfre hälften kan aflyftas vid möjligen erforderliga reparationer. Af liknande konstruktion är den stora sexpoliga maskinen fig. 69, hvilken tillhör ett elektricitetsverk med öfver 2,000 glödlampor.

Kommutatormaskiner. Vi komma nu till ett särskildt slag af dynamomaskiner, hvilka icke begagna den Grammeska trådlindningen och därför i grund och botten äro växelströmmaskiner med kommutator, men hvilka till följd af sinnrik anordning och stor verkningsförmåga funnit mycket vidsträckt användning i Amerika och till någon del äfven i Europa. De afse förnämligast åstadkommande af en konstant *strömstyrka*, hvaremot de förut omnämnda maskinerna åsyfta konstant *spänning*. En sådan typ är konstruerad af den berömde elektrikern Brush i Filadelfia och afbildas å fig. 70. Armaturen tyckes visserligen vid första påseendet likna

en Gramme-ring men är i själfva verket en utveckling af den å fig. 34 framställda roterande induktorn å Clarks magnetelektriska maskin; i st. f. dess två trådspolar finnas å Brush-armaturen sex eller åtta, men de sitta icke bredvid utan efter hvarandra, uppträdda på en egendomligt konstruerad järnring. Två och två af dessa spolar, diametralt emot hvarandra, äro sinsemellan förenade men lindade åt motsatta håll och hafva på maskinaxeln sin särskilda kommutator. För hvarje gång ett spolpar passerar magnetpolerna omkastas riktningen af den inducerade elektriska strömmen, hvadan alltså växelströmmar alstras. Ringen roterar mellan två kraftiga hästskomagneter med liknämnda poler vända mot hvarandra. Polstyckena omfatta ringen på sådant sätt, att strömmen icke bildas och omkastas helt plötsligt, utan gradvis till- och aftager.

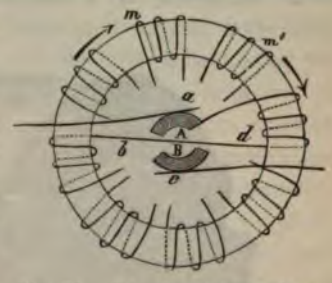


Fig. 71. Brushs strömvändare.

Fig. 71 visar ett spolpar *b d*, med sina kommutatorsegment *a c*. Dessa äro isolerade från hvarandra, och hvarje par af de åtta spolarna står i förbindelse med två segment. Under maskinens gång äro i hvarje läge omväxlande tre af spolparen förenade med hvarandra genom borstarna, från hvilka strömmen går till magnetlindningarna och vidare ut i ledningen. Det fjärde spolparet, som därvid befinner sig vid neutralpunkterna, bildar för tillfället ingen sluten ledning och fortplantar således ingen ström. Genom denna anordning af kommutatorn blifva strömmarna icke blott likriktade utan äfven de vid sådana maskiner oundvikliga växlingarna i strömstyrkan till stor del utjämnade.

Fig. 72.
af Brushs induktor utan spolar.

Fig. 73. Brushs ring med spolar.

Armaturringen är konstruerad på ett egendomligt sätt (fig. 72, 73). Den består nämligen af ett i flera hvarf spiralformigt lindadt järnband, i hvars mellanrum |—|-formiga plåtstycken äro instuckna och fastnitade, så att det hela utgör en sammanhängande ring, med ett stort antal djupa sidorännor, hvilka bilda lägen för trådspolarna. Denna konstruktion motverkar sålunda uppkomsten af de besvärliga hvirfvelströmmarna och bidrager på samma gång kraftigt till ringens afsvalning. Brushmaskinen är af enkel och solid konstruktion, särskildt afsedd för belysning med ett stort och växlande antal lampor. Den kan ock göras ganska kraftig. Den å fig. 70

afbildade maskinen kan mata 24—25 båglampor, men nyare och större maskiner finnas för ända till 60 båglampor; dessa maskiner hafva 12 spolar och en elektromotorisk kraft af nära 3,000 volt.

Några år senare framträdde E. Thomson och E. I. Houston i Filadelfia med en efter dem benämnd mycket egendomlig dynamomaskin, hvilken äfven tillhör denna grupp och som likaledes vunnit vidsträckt spridning i Amerika och kommit till användande i Europa samt äfven i vårt land fått insteg för belysning med båglampor (fig. 74). Induktorn är i det närmaste klotformig och försedd med tre spolar, hvilkas

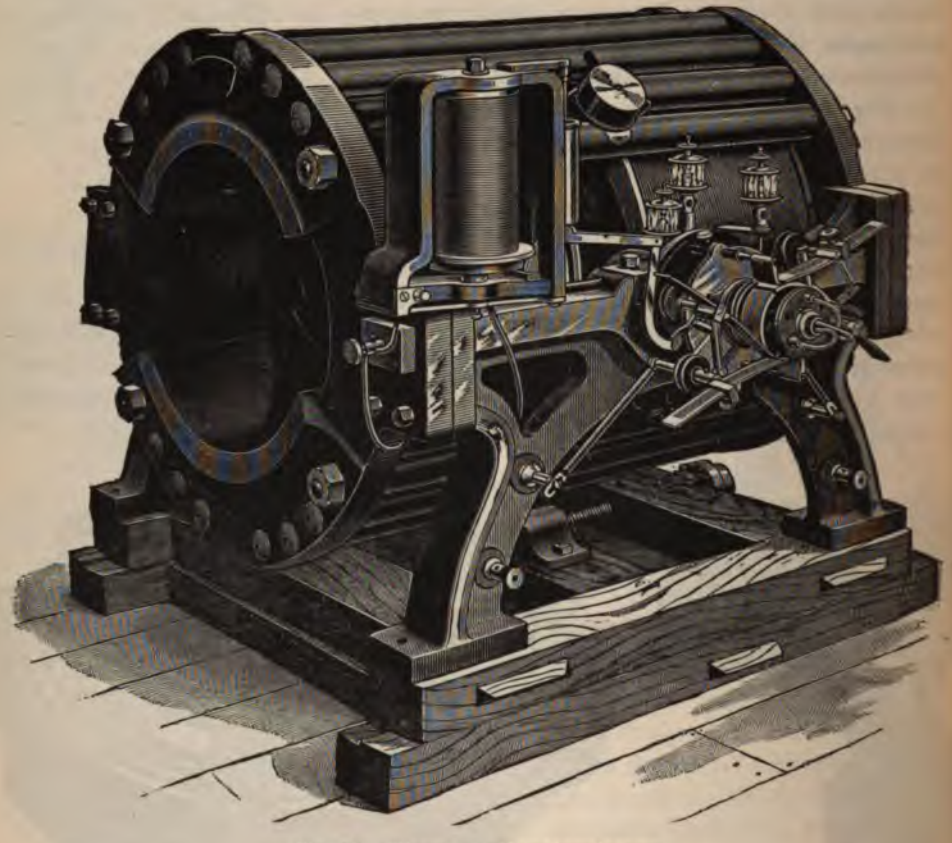


Fig. 74. Thomson-Houston-dynamo.

trådar äro lindade öfver hvarandra, så att hvarfven ligga korsvis i 120° vinkel. Den roterar mellan de skålformiga poländarna af två ihåliga, cylindriska magneter, hvilkas yttre, med fläns försedda ändar förenas genom långa järnbultar, som dessutom hafva till ändamål dels att förstärka magnetismen och dels att skydda trådlindningen. En tredelad kommutator rättvänder de af maskinen alstrade växelströmmarna. Maskinen reglerar själf sin strömstyrka, i det att en på framsidan befintlig elektromagnet åstadkommer de därför erforderliga förskjutningarna af borstarnas läge och därigenom modifierar spänningen i polskrufvarna.

Oaktadt de invecklade anordningarna arbetar denna maskin mycket bra. Uppfinnarne ha ock utan tvifvel på ett särdeles sinnrikt sätt lyckats öfvervinna de utaf

den egendomliga konstruktionen härflytande svårigheterna. Den mycket förträffliga automatiska regleringsinrättningen gör maskinen synnerligen lämplig för båglampbelysning. Kommutator och borstar äro ganska varaktiga, ehuru gnistbildningen kan vara ganska stark.

Skif-dynamos. Förutom de ofvannämnda formerna af induktorn har man äfven sökt använda den af en skifva. En af de första och anmärkningsvärdaste maskiner af detta slag är uppfunnen af den svenske mekanikern Thorin och tillverkad af Öller & C:o i Stockholm. Det magnetiska fältet bildas af ett antal horisontala elektromagneter, med oliknämniga poler mot hvarandra och jämnt fördelade kring två med maskinställningen förenade järnringar. Mellan dem roterar en tunn ring af isolerad koppartråd och sammansatt af ett stort antal platta, trapezformiga spiraler, hvilkas ändar äro förenade med kollektorn på sådant sätt, att en enda sammanhängande ledning erhålles. Någon järnkärna finnes här icke. Till följd af magnetpolernas och släpborstarnas lägen blir den erhållna strömmen likriktad. Det korta afståndet mellan magnetpolerna å ömse sidor om ringen samt dennas egendomliga lindning, så att den blir tunnare vid midten än utåt kanterna, gör, att magnetfältet blifver mycket kraftigt och induktionen stark. Induktorns konstruktion förhindrar äfven uppkomsten af hvirfvelströmmar.

Thorins dynamomaskin tillgodogör det mekaniska arbetet lika väl som andra dynamomaskiner, men induktorns tillverkning är onekligen en mycket kinkig sak.

Åtskilliga andra konstruktioner af skif-dynamos finnas, såsom af Deroziers i Paris, hvilkens maskiner något likna den Thorinska, af Fritsche i Berlin, som använder en induktor med två serier järnstänger, hvilka på samma gång tjäna som elektriska och magnetiska ledare, samt af Poleckko i S:t Petersburg o. s. v.; men på det hela taget har denna typ af dynamos icke vunnit någon mera anmärkningsvärd användning i den praktiska industrien.

Andra dynamomaskiner för likriktad ström. Förutom de ofvannämnda, mera typiska dynamomaskinerna af detta slag finnes det ett icke ringa antal af mer eller mindre modifierad konstruktion, och af hvilka några till och med vunnit rätt mycken användning. Här kunna vi endast i korthet omnämna några, som af en eller annan orsak äro af större intresse, och göra därvid början med en maskin af svenskt ursprung.

Wenströms dynamo. — Redan år 1882 uttogs af ingeniör Jonas Wenström i Örebro patent å en af honom uppfunnen konstruktion af dynamoelektriska maskiner. Genom sedermera tillkomna förbättringar kan denna maskin numera anses fullt jämförlig med de bästa utländska. Ursprungligen grundad på Grammes system, företer densamma flera väsentliga förändringar i synnerhet vid de nyare typerna. Först och främst hafva elektromagneterna en sådan form, att magnetiseringsströmmen på alla sidor omslutes af ett järnhölje, men detta utgör tillika själfva maskinstommen, som förenar lagren med polytorna. Vidare är induktorns järnkärna försedd med långsmala rännor, hvari trådlindningarna ligga inbäddade. För öfrigt anordnas maskinen på flera olika sätt. Sålunda omgifvas i vissa typer magnetlindningarna af yttre och inre järncylindrar, hvilka i sin fortsättning utgöra dels stomme, dels polstycken.

Fig. 75 framställer en sådan maskin af nyaste typ med fyrpoligt magnetfält. Den har likväl endast två magnetlindningar, hvilka genomgås af strömmen på sådant sätt, att de båda horisontala järnkärnornas mot hvarandra vända poler blifva liknämniga. De motsatta polerna bildas af polplattor utan lindningar, upptill och nedtill hopgjutna med järnmanteln, medan de horisontala elektromagnetkärnorna, instuckna från hvardera änden af denna mantel, äro å sina yttre ändar försedda med vertikala skifvor, hvilka som ett slags lock fastskrufvas i mantelns sidoöppningar. De fyra magnetpolerna, sålunda anbragta på 90° afstånd från hvarandra, äro formade så, att de mycket nära sluta sig till induktorn, hvilken alltså påverkas af två nordpoler och vinkelrätt mot dessa af två sydpoler.

Fig. 75. Wenströms dynamo.

Induktorn är trumformig men i stället för öppna rännor numera försedd med helomslutna kanaler, belägna möjligast nära omkretsen. Genom denna anordning får induktorn en sammanhängande järnyta och den eljest uppkommande upphettningen minskas. Sådana »järnklädda induktorer» hafva därjämte i praktiskt hänseende den stora fördel, att trådlindningen, med undantag af de delar, som ligga vid induktorns ändar, är fullkomligt skyddad mot yttre åverkan.

I Sverige hafva mer än 700 likströmsdynamos af Wenströms konstruktion funnit användning vid elektriska belysnings- eller andra anläggningar, representerande 7,000 hästkrafter. Dessa maskiner tillverkas numera vid »Allmänna Svenska Elektriska

Fig. 76. Bürgins induktor.

aktiebolagets» verkstäder i Västerås, i flera storlekar, hvaraf den kraftigaste har en styrka af 400 ampère med 110 volt. Äfven i främmande länder, särskildt i Norra Amerika, hafva de Wenströmska maskinerna vunnit insteg.

I Bürgins dynamo har induktorn visserligen till det yttre en form, snarlik den Siemenska, men är i själfva verket sammansatt af 8 st. ringar bredvid hvarandra, hvilkas järnkärnor äro genom ekrar fästa vid axeln, och som hvardera består af 6 spolar (fig. 76). Dessa spolar äro något förskjutna i förhållande till hvarandra och förenade på sådant sätt, att tråden går från en spole på första ringen till den närmast liggande på den andra, vidare till den närmaste på den tredje o. s. v., återkommer

till den första ringens andra spole och fortsätter vidare sitt lopp, tills den slutligen kommer till den 48:e spolen, då trådens båda ändar hoplödas. Maskinens genomskärning visas af fig. 77; elektromagneterna *MM* kunna, till följd af induktorns cylinderform, anbringas på samma sätt som å Siemens & Halskes maskin; de hafva liknämnda poler förenade med hvarandra medelst polbetäckningar. Fig. 78 visar yttre formen af Bürgins maskin.

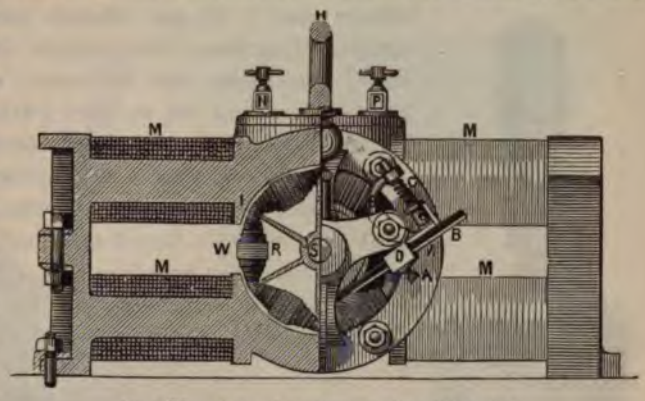


Fig. 77. Bürgins dynamo, längdskärning.

Westons dynamo (fig. 79) liknar också till utseendet en Siemens & Halskes maskin med horisontala elektromagneter och är i själfva verket en sammansättning af den Hefner-Alteneckska truminduktorn och elektromagneter anordnade såsom i Siemens' och Grammes maskiner. Men ett hufvudsyfte vid dess konstruktion har varit att möjligast minska den skadliga upphettningen, och den företer därför vissa särskilda anordningar. Induktorns järnkärna (fig. 80) är sammansatt af tunna järnskifvor eller snarare platta ringar med utspringande tänder, hvilka på dess yta bilda ett antal rännor, hvari trådhvarfven läggas; dessa äro lindade på samma sätt som å den Siemenska trumman, och deras ändar äro förenade genom en strömsamlare. Ringarnas inre bildar kring axeln ett tomrum, hvari vid maskinens rörelse en stark luftström stryker fram, afkylande både järnet och trådarna. Elektromagneterna, hvilka vid nyare maskiner äro 6 till antalet, ligga med liknämnda poler vända mot hvarandra, men polbetäckningarna omsluta induktorn icke cirkel- utan ellipsformigt samt bestå af en mängd skilda tungor (fig. 81), mellan hvilka en afkylande luftström kan pressa sig fram. Westons dynamomaskiner användas i Norra Amerika mycket för elektrisk belysning så väl med glöd- som båglampor.

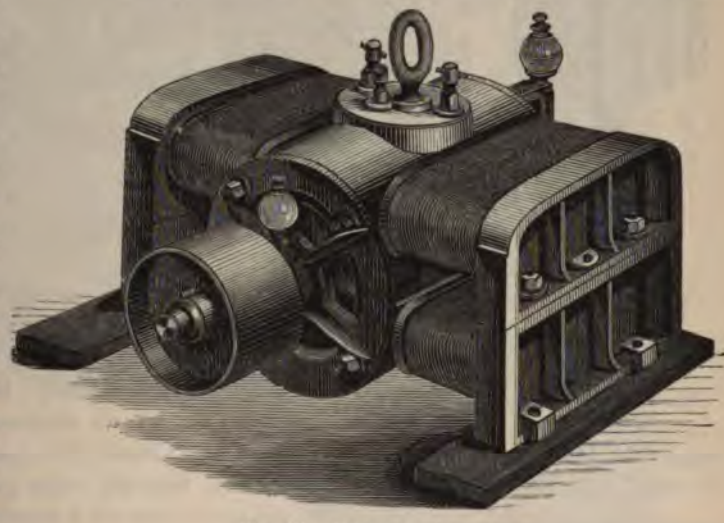


Fig. 78. Bürgins dynamo.

En i England mycket begagnad maskin är Cromptons dynamo; den tillverkas i flera olika typer och utmärker sig egentligen mest genom goda detalj-

anordningar och omsorgsfullt utförande. Induktorn utgöres af en tämligen långsträckt Gramme-ring med järnkärna, bildad af tunna skifvor, anbragta på en axel, med mellanrum på bestämda afstånd i och för ventilationen. Vid en viss typ af dessa maskiner afsedda för starka strömmar består induktorlindningen af fyrkantiga kopparstänger med 1 kv.-cm. tvärsnitt och förenade medelst kopparremsor. Hvarfvens antal uppgår till 120, hvaraf hvart tredje står i förbindelse med kollektorn, som alltså har 40 lameller. Elektromagneterna vid de äldre maskinerna äro horisontala, men vid nyare Crompton-maskiner förekomma äfven andra former.

Fig. 80. Westons induktor.

Gülcher har vid konstruktionen af sina maskiner (fig. 82) för elektrisk belysning följt en princip, alldeles motsatt den, som legat till grund för Brush-maskinerna. Då båglamporna i den yttre strömkretsen anordnas icke *efter* utan *bredvid* hvarandra och motståndet således där är jämförelsevis litet, måste, såsom vid alla maskiner för parallelkopplade lampor, det inre motståndet

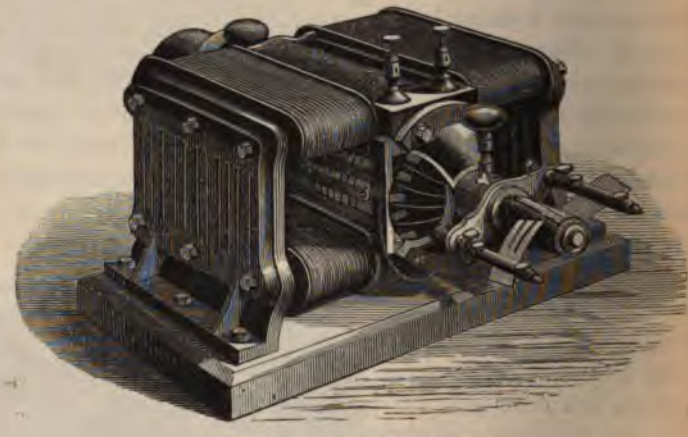


Fig. 79. Westons dynamo.

äfven göras så litet som möjligt. Elektromagneterna, fyra på hvarje sida, äro därför omlindade med grofva trådar och vidare anbragta så, att hvarje pol har midt emot sig en liknämnd och å ömse sidor om sig en oliknämnd pol. Motstående polers betäckningar äro förenade så, att ett nordmagnetiskt och ett sydmagnetiskt fält ligga efter hvarandra. Man har sålunda fyra magnetiska fält, hvaraf de båda, som ligga diametralt mot hvarandra, likartadt verka på induktorn liksom i den enkla Grammeska maskinen. Till kollektorn komma sålunda fyra skilda strömmar, och om dessas banor sammanföras så, att de utgå icke efter hvarandra — såsom i Grammes maskin — utan jämsides, blir induktorns motstånd för hvarje strömbana minskadt till en fjärdedel. Då de grofva magnetlindningarna likaledes äro parallelkopplade samt motståndet i yttre strömkretsen ringa, är en jämförelsevis svag elektromotorisk kraft därför tillräcklig att åstadkomma en betydlig strömstyrka. Induktorringen liknar till formen den Schuckertska, men afsmalnar inåt, så att de

Fig. 81. Polbetäckning i Westons dynamo.

nre, onyttiga delarna af trådspiralerna blifva ändå kortare och deras motstånd således mycket ringa.

Thurys dynamomaskiner tillverkas i flera typer af firman Cuènod, Sautter & C:o

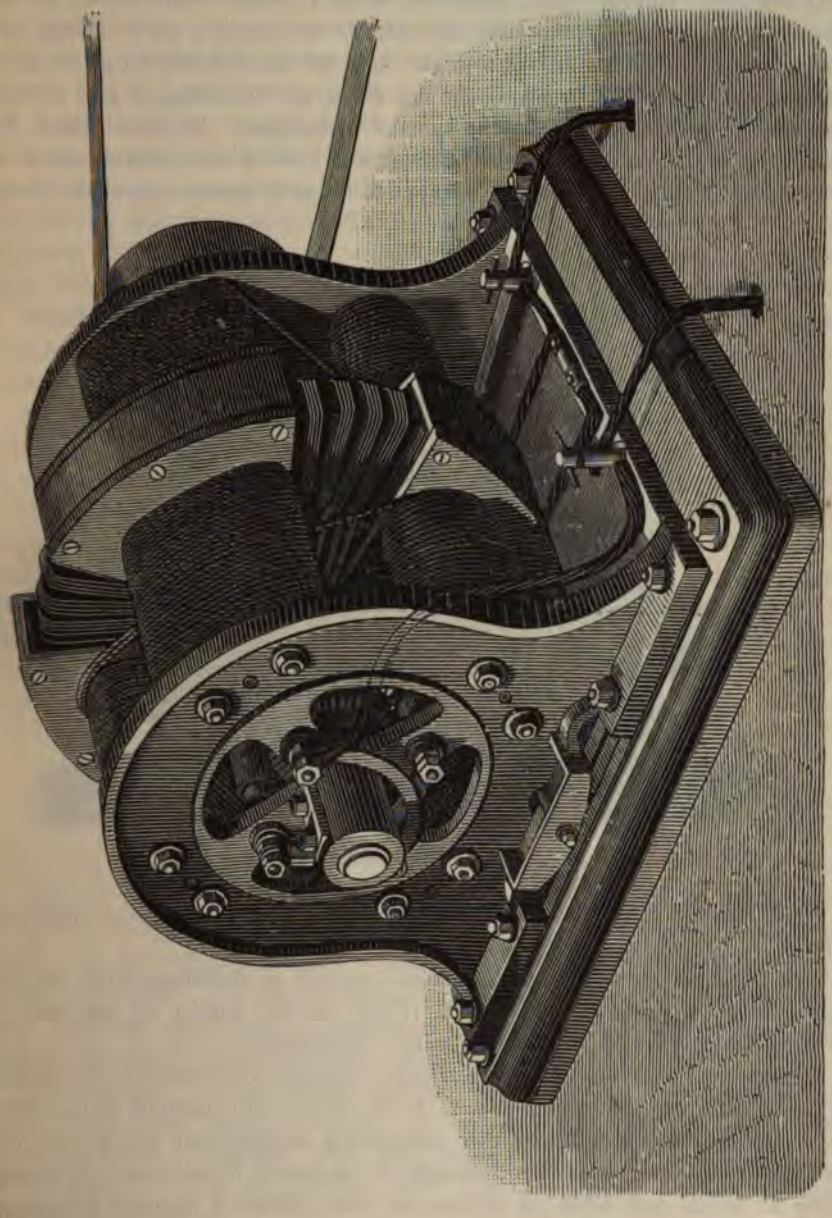


Fig. 82. Gülchers dynamo.

i Genève och hafva funnit ganska vidsträckt användning. Anmärkningsvärd är i synnerhet den sexpoliga typen, hvars magnetkärna utgöres af sex lika stora smidjärnskifvor, som bilda en sexhörning med två vertikala sidor. Dessa skifvor samman-

hållas genom sex polstycken, sträckande sig mot induktorns yta, och äro omlindade med hvar sin trådspole. Spolarna äro kopplade i serie och magnetpolerna ordnade så, att en negativ ligger emellan två positiva. Induktorn är trumformig och dess hastighet jämförelsevis liten.

Af det redan anförda synes, hvad som äfven i början blifvit antydt, att antalet af olika dynamotyper, som efter hand sett dagen, varit ganska stort. Många af dem ha visserligen bibehållit sig till våra dagar, men det stora flertalet har dukat under i konkurrensen på världsmarknaden, där det gäller att till billigaste pris erbjuda en maskin med högsta elektriska och mekaniska egenskaper. Ur denna kamp för utveckling och tillvaro har för den nu ifrågavarande klassen af dynamomaskiner framgått ett slags normaltyp, som, ehuru detaljanordningarna kunna vara olika, likväl kan

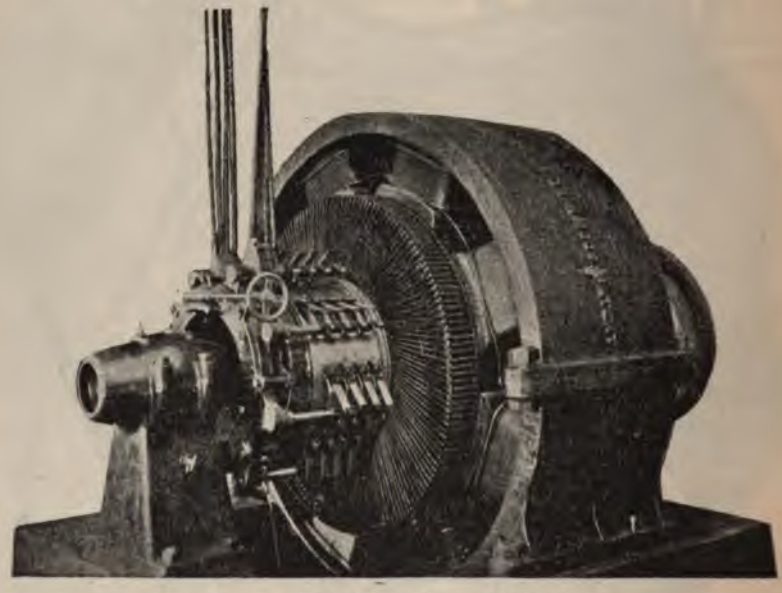


Fig. 83. Allm. Sv. Elektr. Aktiebolagets åttapoliga dynamo.

anses i allt hufvudsakligt vara gemensam för det stora flertalet af elektriska maskinfabriker.

Som en representant för denna nutida produkt af elektroteknikens sträfvanden å detta konstruktionsområde framställa vi uti fig. 83 bilden af den *åtta-poliga dynamo*, som tillverkas af Allm. Sv. Elektr. Aktiebolaget.

Armaturen är trumlindad med trådarna förlagda uti kanaler vid järnkärnans omkrets. Fältet är »järnmantladt», d. v. s. polerna äro omgifna af och sammangjutna med en ring, som sluter den magnetiska strömkretsen och hindrar magnetismens spridande utåt. Till underlättande af maskinens hopsättning och armaturens uttagning är denna ring delad på midten och båda hälfterna förenade medelst skruvar. Lagren äro »självsmörjande», i det att axeln omgifves af en metallring med större diameter och hvilken deltager i rörelsen, hvarvid ringens nedre del ständigt passerar genom en oljebrunn och därifrån upphämtar olja till lagret.

Hvad som mest utmärker denna så väl som öfriga nutida dynamomaskiner är de anordningar, som vidtagits för bekämpande af den redan i det föregående omordade

gnistbildningen. Under inverkan af armaturströmmen blir hvarje induktorkärna själf en magnet och verkar såsom sådan uti en riktning vinkelrät mot magnetfältets kraftlinier. Följden häraf blifver en förskjutning af magnetfältets ursprungliga läge, och denna desto större ju starkare den elektriska strömmen i armaturen är. Denna förskjutning nödvändiggör äfven kollektorborstarnas förskjutning i rörelsens riktning, såsom redan vid Gramme-maskinen blifvit anmärkt, på det att strömuttagningen må ske gnistfritt. Ju starkare maskinen är belastad, desto mera måste borstarna flyttas, men vid fortsatt ökning af belastningen kommer man slutligen till en gräns, då denna förskjutning icke längre hjälper och då således intet gnistfritt borstläge finnes. Härmed är också gränsen för maskinens kapacitet uppnådd. Vi se således, att det är denna armaturens återverkan på det magnetiska fältet — *armaturreaktionen* —, som begränsar maskinens styrka. Tydligt är, att denna reaktion minskas, om magnetfältet göres mycket kraftigt och armaturen förses med jämförelsevis få trådar. Så är ock fallet vid nutidens maskiner, eller ock förses de med särskilda anordningar eller lindningar för armaturreaktionens bekämpande. Hvad man härvid särskildt eftersträfvar är att åstadkomma ett konstant borstläge vid växlande belastning samt att minska den spänningsförlnst, som orsakas af nämnda reaktion.

Vi kunna här icke ingå på de skilda förfaringssätt, som användts eller föreslagits i sådant syfte, utan nämna blott, att den i fig. 83 afbildade maskinen har, förutom den vanliga trådlindningen, en särskild sådan, efter sin uppfinnare benämnd Sayers lindning. Armaturtrådarna gå nämligen icke direkt till strömsamlaren, utan denna förbindelse sker medelst en särskild tråd, som genomgår armaturen på ett annat ställe, så att, då en viss armaturtråd befinner sig i neutrala eller nollzonen, så är tillhörande Sayers-tråd belägen i en stark del af magnetiska fältet, och detta så, att den däruti inducerade elektromotoriska kraften hjälper till att vända strömmen i den armaturtråd, hvarifrån uttaget äger rum. Till följd af denna anordning kan strömuttagningen äfven vid största belastning äga rum i neutrala zonen.

Växelströmmaskiner. De hittills beskrifna dynamomaskinerna hafva alla varit afsedda för åstadkommande af *likriktad* ström. Men redan tidigt hade man funnit, att för vissa ändamål, förnämligast för båglampbelysning, den i maskinen ursprungligen alstrade *växelströmmen* vore lika användbar och följaktligen en förenkling af konstruktionen möjlig genom utelämnande af kommutatorn, hvilken maskindel ofta var en källa till förtretligheter under arbetet. Så uppkommo de första växelströmmaskinerna, tillverkade af »Alliance»-bolaget, i öfrigt fullkomligt liknande dess förutvarande maskiner men utan kommutator; i dess ställe funnos två släpringar för strömmens uttagande. Denna maskin var således magnetelektrisk.

En olägenhet vid växelströmmaskiner är emellertid den, att den alstrade strömmen icke kan direkt användas till magnetfältets matning, enär densamma oupphörligen omkastar polerna. För detta ändamål måste man därföre antingen förse maskinen med en liten kommutator eller ock, hvilket är vanligare, använda en särskild likströmsmaskin.

Emellertid var begynnelsen gjord till växelströmmens praktiska användning. Den betraktades likväl ännu under lång tid endast såsom en för vissa fall rätt användbar nödfallshjälp, om ock graden af och området för denna användbarhet småningom vidgades. Först genom senaste årtiondes uppfinningar, och framför allt

genom transformatorerna, har man nu kommit därhän, att växelströmmen både för belysnings- och kraftändamål kan fullt täfla med, ja i vissa fall till och med öfverträffar den likriktade strömmen. Detta förhållande har ock betydligt bidragit till utveckling af växelströmmaskinernas eller, som de äfven kallas, *alternatorernas* konstruktion. Denna har på de allra senaste åren nått en ytterligare fullkomning genom det vidsträckta användande, som den s. k. *flerfas*-växelströmmen numera erhållit. Vi skola emellertid icke här sysselsätta oss med flerfas-systemet men återkomma längre fram därtill uti kapitlet om elektrisk kraftöfverföring.

Vid en växelström har man förutom spänningen äfven att taga i betraktande den s. k. »*frekvensen*», d. v. s. den hastighet, hvarmed strömväxlingarna följa på hvarandra. Om strömmen växlar riktning exempelvis 120 gånger i sekunden, så är antalet hela »*perioder*» = 60, och man säger då, att strömmens frekvens är 60. Då strömmen i hvarje armaturtråd växlar riktning för hvarje gång den passerar en pol i det magnetiska fältet, så inses lätt, att om en maskin exempelvis har 14 poler och roterar med en hastighet af 600 hvarf i minuten, så blir antalet strömväxlingar $= \frac{14 \cdot 600}{60} = 140$ och frekvensen således $= 70$. Då hvarfvens antal måste minskas i förhållande till maskinens storlek, så följer häraf, att för en gifven frekvens polernas antal måste växa i förhållande till maskinens styrka uttryckt i antal hästkrafter. Vid vanliga maskiner växlar strömmen riktning mellan 100—200 gånger i sekunden.

Bland den mängd alternatortyper, som tillverkas af olika firmor, kunna vi här sysselsätta oss blott med några af de för utvecklingens gång mera betecknande.

Äldre växelströmmaskiner. Den första af dessa maskiner, som vunnit någon praktisk betydelse är, såsom nyss antyddes, Alliance-maskinen, i hvars induktor 16 strömväxlingar försiggå för hvarje helt hvarf; då hastigheten utgör nära 400 hvarf i minuten, motsvarar detta en frekvens af vid pass 50. Denna maskin har flerstädes varit använd vid fyrbelysning o. d.

Här förtjänar äfven omnämnas en af Hjorth i Köpenhamn uppfunnen maskin (1855), hvilken företer åtskilliga nya detaljer, som sedermera kommit till användande vid flera andra typer af alternatorer. Å två parallela vertikala gjutjärnsringar äro fastsatta ett antal horisontala elektromagneter, med motsatta poler vända mot hvarandra; mellan dem roterar en induktor bestående af en skifva med därå anbragta trådspolar. För magnetismens uppväckande i elektromagneterna begagnas permanenta stålmagneter, hvilka således här göra samma tjänst som den remanenta magnetismen vid de egentliga dynamomaskinerna. Vid en af Wilde utförd förändrad konstruktion af dessa maskiner borttogos dessa stålmagneter och en förgrening af maskinens egna växelströmmar, rättvänd genom kommutator, användes för matning af det magnetiska fältet. Denna maskin fann äfven användning vid fyrbelysningen men visade sig icke hållbar till följd af den starka upphettningen genom polaritetens snabba omkastningar i järnkärnorna.

En ny impuls till konstruktion af växelströmmaskiner gafs ungefär 20 år senare, då den ryske ingeniören Jablochkoff i Paris genom uppfinningen af de efter honom benämnda båglamporna lyckades att på ett lika enkelt som snillrikt sätt lösa den svåra frågan om det elektriska ljusets delning, hvarom mera längre fram.

Detta belysningssystem kräfde med nödvändighet en god växelströmmaskin; lösandet af denna uppgift öfvertogs af Gramme och utfördes af den ryktbare elektrikern på ett ganska sinnrikt sätt.

Emedan det vid sådana maskiner oftast är fråga om mycket höga spänningar, bör armaturen, hvari den högspända strömmen alstras, helst göras fast, emedan det då är lättare att åstadkomma en tillfredsställande trådisolering; man låter då i stället magnetfältet rotera. Så var ock Grammes maskin anordnad (fig. 84), och den liknar därföre vid första påseende mycket en af de ofvan beskrifna innerpolmaskinerna. Men magnetfältet, här bestående af 8 stycken radiala magneter af omväxlande polaritet, är fäst på den roterande axeln, medan armaturen därutomkring bildar en fast krans. Denna har visserligen utseendet af en Gramme-ring, men är snarare lik Brush-maskinens induktor (fig. 73). Om man i denna maskin tänker sig armaturen stå stilla men elektromagneterna, ökade till 6—8 stycken, rotera, så sker ingen ändring i växelströmmarnas alstring för hvarje gång en spole passeras af en magnetpol, endast att

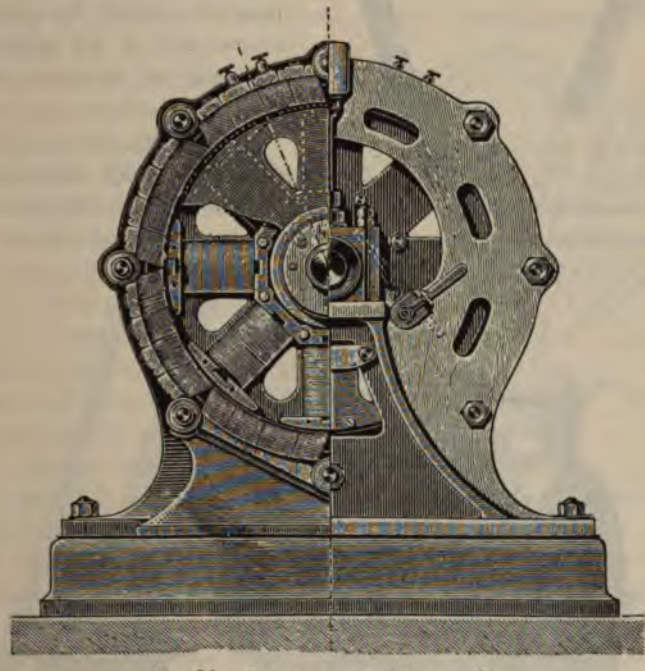


Fig. 84. Grammes växelströmmaskin.

polväxlingen sker så mycket oftare. Spolarna i Grammes maskin äro kopplade i serie på sådant sätt, att de bilda grupper, af hvilka hvardera kan användas till matning af sin särskilda strömkrets. Strömmen för elektromagneternas matning tillföres dessa från en liten likströmsmaskin medelst två släpringar på den roterande delen.

Nästan samtidigt konstruerade äfven de Méritens i Paris (1878) en magnetelektrisk växelströmmaskin, som visat sig vara af praktiskt värde och funnit användning inom fyrväsendet både i Frankrike och England. Induktorn utgöres af en hjulkrans af järn, sålunda sammansatt, att den bildar 16 särskilda elektromagneter (fig. 85), hvilka under rotationen passera tätt förbi polerna af 8 stycken i en cirkel anordnade, kraftiga stålmagneter. Härunder alstras i trådspiralerna strömmar af växlande riktning, men dock så, att de efter hela trådens längd i ett och samma

ögonblick löpa åt samma håll, emedan de särskilda delarnas trådar äro förenade med hvarandra på det sätt, att de i två vidliggande delar ligga åt motsatt håll För hvarje sextondels hvarf växlar strömmen i maskinen riktning.

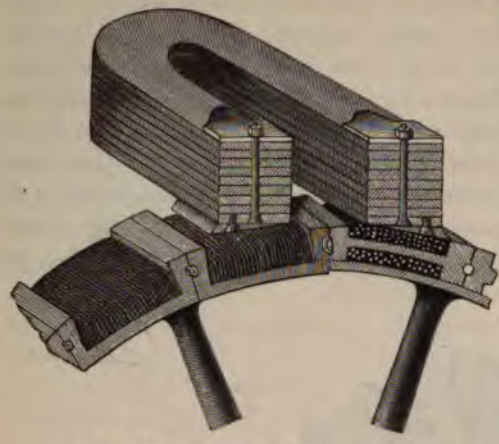


Fig. 85. De Méritens induktor.

Hvilka betydande framsteg som redan blifvit gjorda genom Grammes och de Méritens maskiner, kan inses däraf, att då den ofvan omnämnda Alliance-maskinen icke kunde åstadkomma större ljusstyrka än 59,5 s. k. »bec-Carcel» per hästkraft, lämnade de Méritens maskin nära 85 och Grammes 88—90,5. En »bec-Carcel» motsvarar 9,5 s. k. normalljus, sådana som hos oss användas vid mätning af gaslågors ljusstyrka.

Snart framträdde äfven firman Siemens & Halske med en växelströmmaskin, hvilken väsentligen skilde sig från den nyss beskrifna. Konstruerad af v. Hefner-Alteneck, kan denna alternator snarast anses som en förbättring af Hjorths och

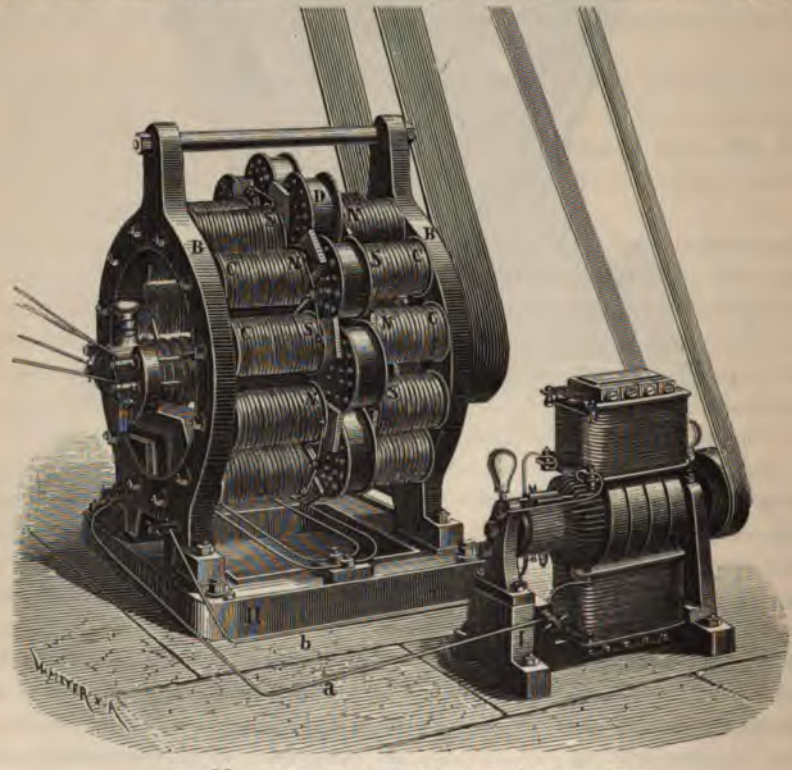


Fig. 86. Siemens & Halskes växelströmmaskin.

Wildes ofvan omnämnda maskiner. En väsentlig olikhet är emellertid, att induktorrullarna sakna järnkärnor. Detta var utan tvifvel det enklaste sättet att undvika den

kraftförlust och upphettning, som, enligt hvad förut blifvit framhållet, vid hastiga polväxlingar uppkommer i sådana järnkärnor. Men genom dessas borttagande försvårades vägen för kraftlinierna, ty den bestod nu af ett luftlager; denna luftväg borde då göras möjligast kort, således trådrullarna också korta. Men då gällde det att på de korta spolarna få rum med en tråd af tillräcklig längd för den erforderliga höga spänningen, och för detta ändamål göres deras genomskärning elliptisk i stället för cirkelformig.

Såsom af bilden synes, består maskinen af två kransar elektromagneter C, C, 8 eller 10 till antalet i hvardera, och fästa vid två med hvarandra förenade gjutjärnsringar. Nord- och sydpoler äro hvarandra motställda, på sätt bokstäfverna N, S antyda; därigenom uppkomma ganska starka magnetiska fält, af växlande riktning, i det smala mellanrummet, hvari induktorrullarna rotera. Dessa äro till antalet lika många som magnetfälten, hvilka de passera vinkelrätt mot kraftliniernas riktning, således på det för induktionens verkan förmånligaste sätt. Såsom den schematiska bilden fig. 87 visar, äro två närliggande spolar kopplade i serie och spolarnas storlek så afpassad, att då ena hälften befinner sig inom ett magnetiskt fält den andra samtidigt rör sig inom det närliggande fältet af motsatt polaritet. Till följd af kopplingssättet åstadkomma de båda fälten likväl inom spolparet en enda likriktad ström, som emellertid växlar riktning för hvarje pol.

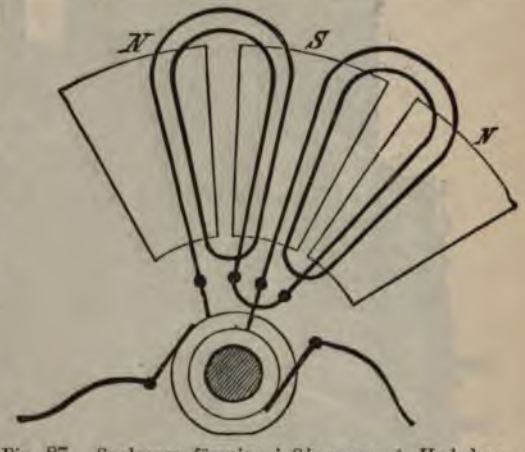


Fig. 87. Spolarnas förening i Siemens & Halskes växelströmmaskin.

På Siemens & Halskes maskiner äro induktorrullarna oftast till större eller mindre antal sålunda förenade i grupper och så att hvarje grupps trådändar gå till isolerade kontaktringar på axeln, från hvilka ringar således lika många skilda strömmar kunna utgå i motsvarande yttre strömkretsar. Man kan emellertid äfven linda alla induktorerna med en enda tråd, hvars ändar då medelst två fjädrar släpa på två isolerade kontaktringar å axeln. Dessa ringar bilda då maskinens bägge poler, med hvilka den yttre ledningen äfven genom släpfjädrar sättes i förbindelse.

Den till höger på fig. 86 synliga lilla maskinen är en likströmsdynamo för elektromagneternas matning.

Siemens & Halskes växelströmmaskiner hafva, till följd af stor kraftverkan och pålitlighet i arbetet, funnit vidsträckt användning, i synnerhet för belysningsanläggningar med den v. Hefner-Alteneckska differentiallampan.

Vid nyare maskiner af detta slag har man försett induktorrullarna med kärna, bildad af isolerade järnbleck, samt utelämnat hjälpmaskinen, och i dess ställe låtit en af maskinens egna spolgrupper, hvars ström genom kommutator blifvit rättvänd, mata elektromagneterna.

Bland de allra nyaste af denna firmas växelströmmaskiner är den stora dynamo, som fanns vid utställningen i Frankfurt a. M. (1891) och hvars konstruktion, betydligt afvikande från den nyss beskrifna, mera närmar sig Grammes. Induktorn, 4,6 m. i diameter, utgöres nämligen af en fast ring, uti hvars inre roterar ett magnethjul

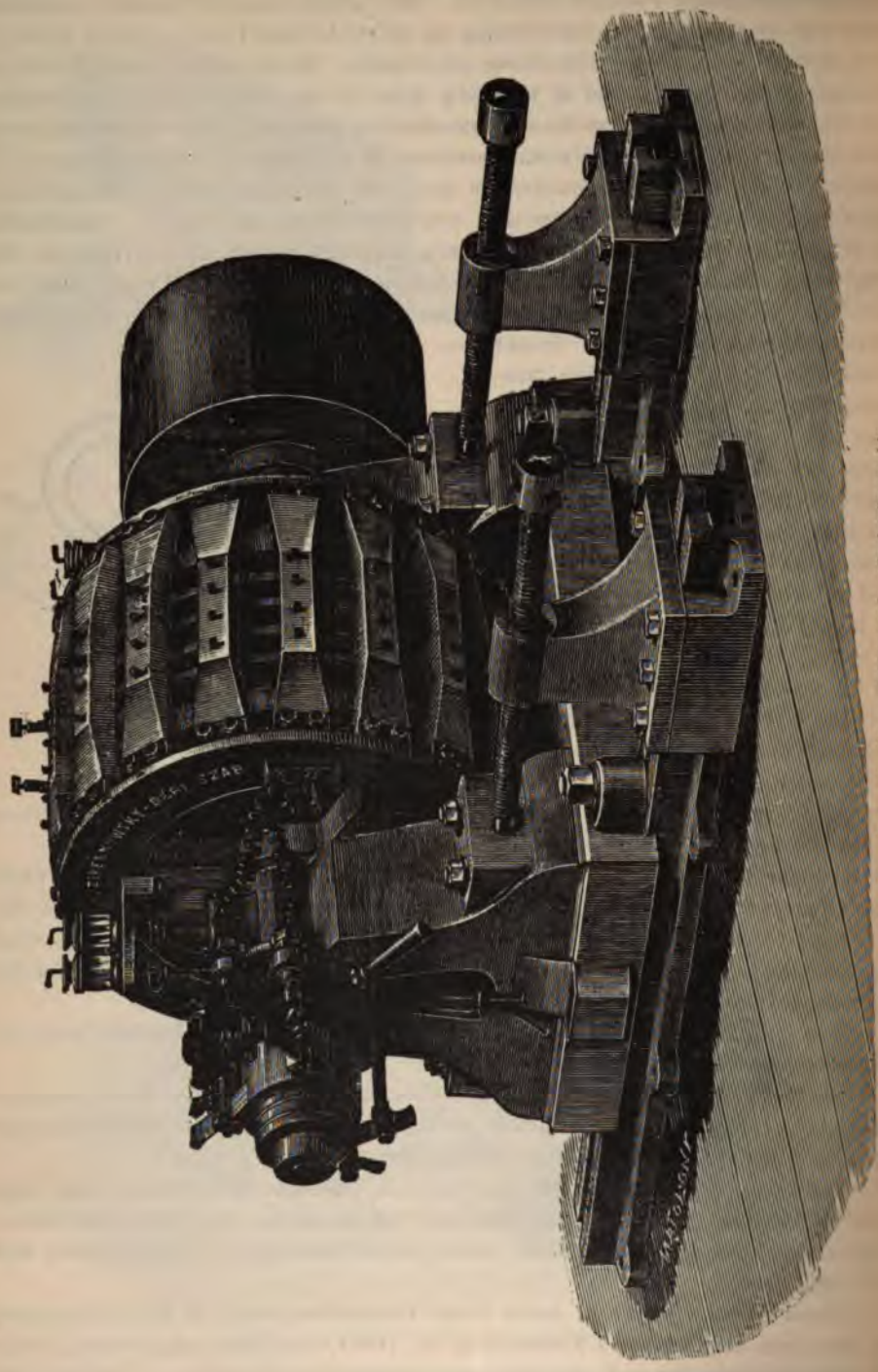


Fig. 88. Gaus & Cies självmatande växelströmsmaskin.

innehållande 60 trådspolar, och med en diameter af 3,7 m. Vid den höga elektromagnetiska kraften af 2,000 volt erhålles, med en hastighet af 100 hvarf i minuten, en högsta effekt af 330 kilowatt eller 448 elektriska hästkrafter.

Härmed äro vi emellertid redan inne bland de nyare växelströmmaskinerna.

Nyare växelströmmaskiner. Såsom vi framdeles skola lära känna, har växelströmmen framför den likriktade strömmen en ganska väsentlig fördel, nämligen den, att dess spänning kan med hjälp af en tämligen enkel anordning förvandlas från hög till låg eller tvärt om. Denna märkliga omvandlingsegenskap, som först bragtes till användning år 1883 genom Gaulard, gaf ytterligare impuls åt konstruktörerna af växelströmmaskiner, bland hvilka firman Ganz & C:ie i Budapest särskildt med fram-

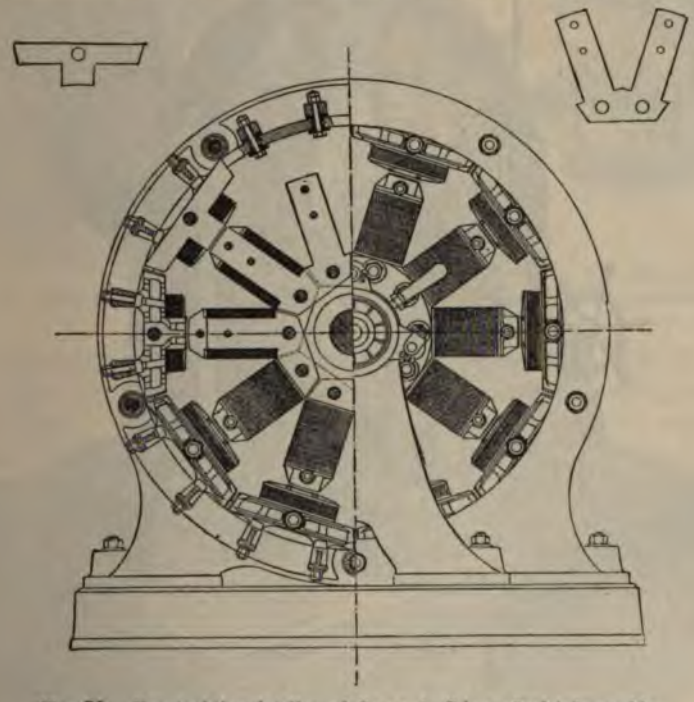


Fig. 89. Konstruktionsdetaljer af Ganz & C:ies växelströmmaskin.

gång ägnat sig åt växelströmsystemets utveckling. Denna firma konstruerade år 1882 en ny »självmatande» växelströmmaskin (fig. 88, 89,) hvilken första gången visades i verksamhet på utställningen i Turin år 1884. Såsom af genomskärningen fig. 89 synes, erinrar äfven denna maskins allmänna anordning om Grammes dynamo; innanför den fasta armaturringen rotera tio stycken radiellt anbragta elektromagneter. Men spolarna äro icke lindade kring ringen utan fästa på dennas insida, samt lindade kring järnkärnor hopsatta af plåtar i likhet med elektromagneterna, och hvilkas form synes af de båda småfigurerna. Trådlindningarna äro ytterst omsorgsfullt isolerade inbördes, en nödvändighet i betraktande af den höga och farliga elektriska spänningen i dessa maskiner. Å axeln sitter en kommutator, som upptager och rättvänder en del af den elektriska strömmen, hvilken därefter användes att mata elektromagneterna och för sådant ändamål uppsamlas af två kontaktborstar. Kommutatorn består af lika många

ledande sektorer, som det finnes elektromagneter, och delade i två grupper, de udda i en, de jämna i en annan; borstarna komma alltså växelvis i beröring med endera gruppen, men detta, till följd af strömväxling, så att samma borste alltid får mottaga en ström i samma riktning. Elektromagneterna erhålla sålunda alltid likriktad ström.

Denna maskin, som äfven benämnes efter dess konstruktörer, ingeniörerna Zipernowski och Déri, tillverkas af Ganz & C:ie i olika storlekar, från 10 till 380 kilowatt och därutöfver. De minsta modellerna ha 6, de största 40 poler; spänningen hos de förra uppgår till 1,000, hos de senare till 5,000 volt. Antalet

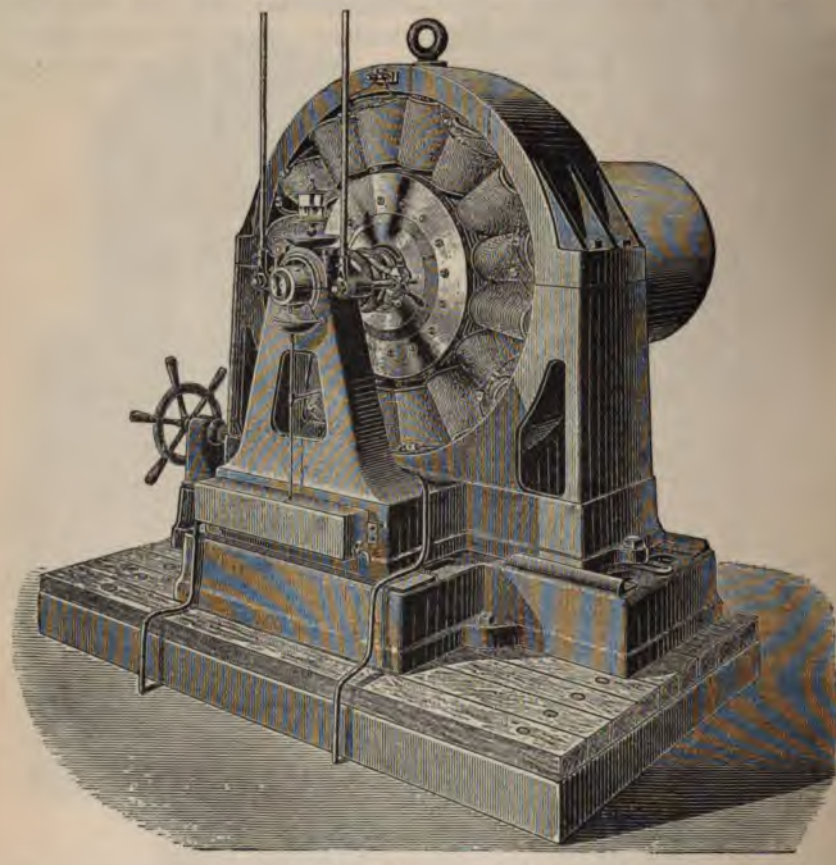


Fig. 90. Westinghouses växelströmmaskin.

strömomkastningar är för dem alla 5,000 i minuten. Sådana maskiner användas mångenstädes för elektrisk belysning och ha för sådant ändamål äfven funnit tillämpning i Sverige.

I Amerika upptogs tillverkningen af växelströmmaskiner, kort efter Ganz & C:ies framträdande, utaf »the Westinghouse Company», grundadt af den bekante George Westinghouse, den lycklige uppfinnaren af den millioninbringande luftbromsapparaten. Den af bolaget tillverkade växelströmmaskinen (fig. 90) är konstruerad af dess ingeniör Stanley och har fast armaturring, invändigt besatt med 16 platta elektromagneter, innanför hvilka en truminduktor roterar. Elektromagnetspolarna matas antingen från en särskild dynamo, eller ock rättvändes en förgrening af

strömmen från induktorn. Dennas kärna är sammansatt af tunna, genomhålade järnbleck, antingen oxiderade på ytan eller isolerade genom pappersmellanlägg. Hålen i skifvorna bilda tillsammans luftväxlingskanaler, liggande parallelt med rotationsaxeln. Induktorns ändar äro försedda med tjocka plåtar, vid hvilka de 16 induktorspolarna äro fästa.

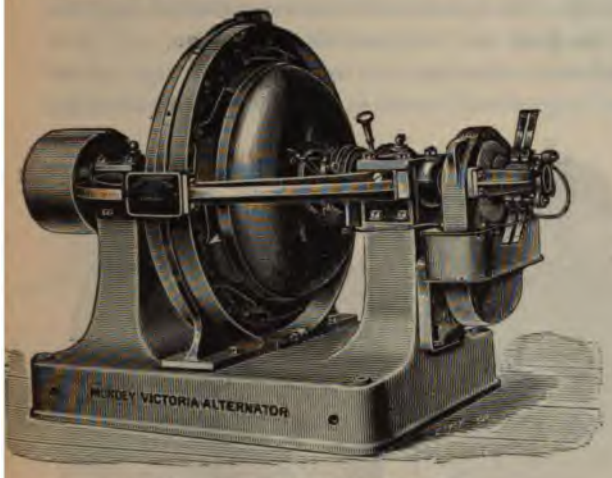


Fig. 91. Mordeys växelströmmaskin.

Fig. 92. Magnethjul till Mordeys maskin.

Då vid denna konstruktion, alldeles i motsats till den nyss beskrifna, induktorspolarna rotera men elektromagneterna stå stilla, måste växelströmmarna uttagas genom släpringar. Vid starka strömmar och hög spänning undviker man emellertid helst sådana rörliga kontakter och gifver därför företrädet åt den andra konstruktionen.

Dessa maskiner användas mycket i Norra Amerika och tillverkas i flera olika modeller, af hvilka de största kunna mata flera tusen glödlampor.

Fig. 93. Mordeys induktorring.

Till maskiner med fast induktor men roterande elektromagneter hör äfven Mordeys växelströmmaskin (fig. 91), hvilken emellertid utmärker sig genom flera egendomliga anordningar. Elektromagneterna hafva nämligen alla å ena sidan ständigt nordpol och å den andra ständigt sydpol, hvadan kraftliniernas riktning inom spolarna icke omkastas under rotationen, såsom i andra maskiner med växlande magnetpoler å samma sida. De genomgå spolarna mera direkt, utan betydande läckning, och intensiteten stiger och sjunker mera jämnt mellan noll och maximigränsen. Magnethjulet (fig. 92) omfattar en i dess midt belägen spole, upplindad kring en järnkärna med framskjutande polarmar, så att blott ett smalt rum dem emellan lämnas för induktorspolarna. Dessa spolar äro därför mycket platta (fig. 93) och bildas hvar för sig af ett kopparbleck af knappt 12 mm. bredd, lindadt kring en kärna af något isolerande ämne. Hvarje spole är vid sin bredare

ände fastskrufvad mellan två stöd utgående från den af brons gjutna induktorringen. Till skydd för magnethjulet inneslutes det mellan två skålformiga järnplåtar, fastsatta på axeln, vid hvars ena ände är anbragt en liten likströmsdynamo för magnetfältets matning. »Mordey-Victoria-Alternator» tillverkas af Brush Electrical Engineering C:o i London i åtskilliga storlekar, från 25 till 150 kilowatt samt med en elektromotorisk kraft af vanligen 2000 volt. Den industriella verkningsgraden uppgifves vara 90 procent. Frekvensen är i de flesta fall 100 perioder i sekunden.

Om man vid Siemens & Halskes ofvan beskrifna maskin tänker sig, att den platta armaturringen står stilla men magneterna rotera, så har man den hufvudsakliga

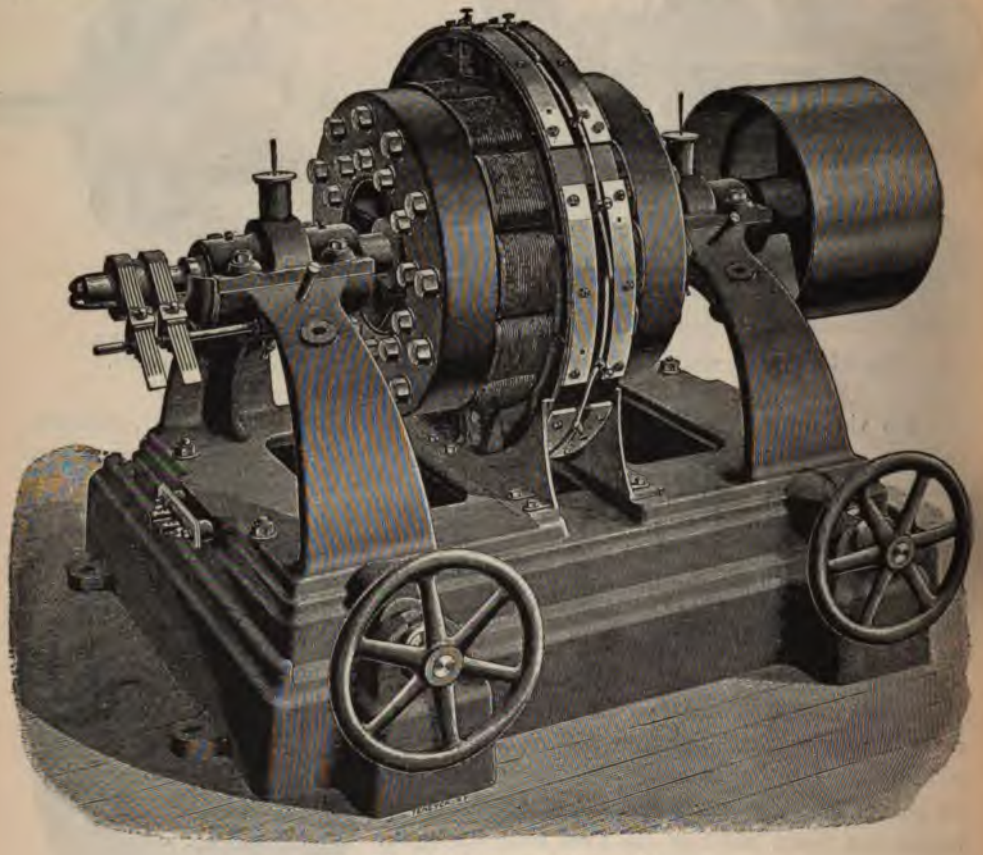


Fig. 94. Brush's växelströmmaskin.

anordningen af den växelströmmaskin, som tillverkas af Brush Electric C:o i Cleveland (fig. 94). Armaturen (fig. 95) har den fördel, att de särskilda spolarna lätt kunna uttagas och ombytas; liksom i den Siemenska maskinen hafva spolarna ingen järnkärna.

En annan växelströmmaskin af nyare konstruktion, tillverkad af den förut omnämnda schweizerfabriken Oerlikon, framställes å fig. 96. Armaturen består här af en fast plåtkärna, med instansade hål för trådlindningen. Magnetfältet är af en mycket egendomlig konstruktion (fig. 97) och består af två gjutstålshälfter med polstycken, som omväxlande äro förenade med den ena och den andra halfvan. En enda

rund magnetspole alstrar magnetismen, så att de båda magnethälfterna och äfven närliggande poler få olika polaritet. Dessa maskiner utföras för spänningar ända upp till 5,000 volt och med ända till 36 poler. Såsom bilden visar, är maskinen försedd med en särskild på samma axel anbragt liten dynamo för magnetfältets matning.

En växelströmmaskin enligt Wenströms konstruktion, tillverkad af Allm. Svenska Elektriska bolaget i Västerås, framställes i fig. 98. Denna typ, som närmast liknar en Westinghousemaskin, har 14 poler, arbetar med en hastighet af 600 hvarf och är försedd med tre släpringar, emedan den alstrar s. k. trefasig ström, hvarom mera framdeles. Liksom vid firmans likströmsdynamos är armaturen äfven

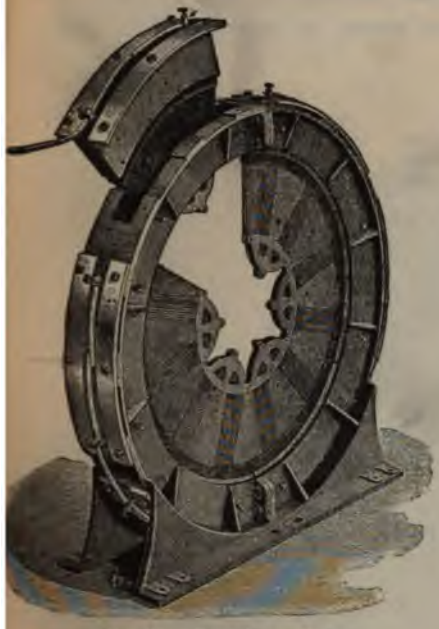


Fig. 95. Brush-armatur.

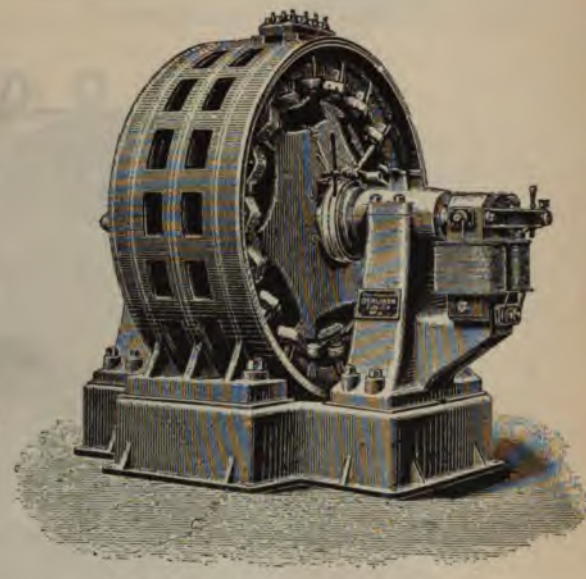


Fig. 96. Oerlikons växelströmmaskin.

här järnklädd. Af växelströmmaskiner har bolaget hittills tillverkat 300 med tillsammans 13,000 hkr.

Ehuru ännu åtskilliga andra typer kunde förtjäna omnämnande, måste vi här sluta beskrifningen af dynamomaskinerna, och detta så mycket hellre, som vi längre fram, i kapitlet om elektrisk belysning och kraftöfverföring, få tillfälle att omnämna ännu några flera sådana maskiner, hvilkas beskrifning lämpligare passar in med framställningen om deras användande och verksamhet vid sådana anläggningar.

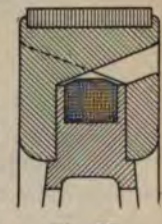


Fig. 97.

Af det nu anförda finner man emellertid, hvad angår *dynamomaskiner för likriktad ström*, att skiljaktigheten mellan de olika typerna hufvudsakligen beror på fältmagneternas anordning samt sättet för induktorns lindning. Flertalet sådana maskiner har ett enkelt magnetiskt fält mellan två poler; de större hafva fyra, sex, åtta poler, sällan flera. Oftast hafva dynamomaskinerna alla induktorrullarna förenade till en sammanhängande sluten ledning, antingen upplindad kring en *ring* af järn (Gramme) eller på en *trumma* (Siemens) eller också i form af en *skifva* (Desrozier, Thorin).

Strömmen upphämtas genom borstar från en *kommutator* eller *kollektor*, bestående af ett antal isolerade kopparlameller, hvilka med regelbundna mellanrum äro förenade med induktortrådarna.

Beträffande *växelströmmaskinerna* kunna vi bland dem urskilja följande olika hufvudarter, nämligen *dels* sådana med omväxlande nord- och sydpoler, roterande innanför en fast induktor, hvars trådspolar äro anbragta antingen kring en järnring (Gramme) eller på inåtvända järnkärnor (Ganz), *dels* sådana med radiellt inåtvända fasta magneter med omväxlande polaritet och där inom roterande induktor, hvars tråd är lindad kring en cylindrisk järnkärna (Westinghouse, Wenström), *dels* sådana, där magneterna, fästa å tvenne järnringar, äro med omväxlande poler fördelade i två grupper, i hvilkas trånga mellanrum roterar en induktor, hvars spolar bland sakna kärna (Siemens, Mordey).

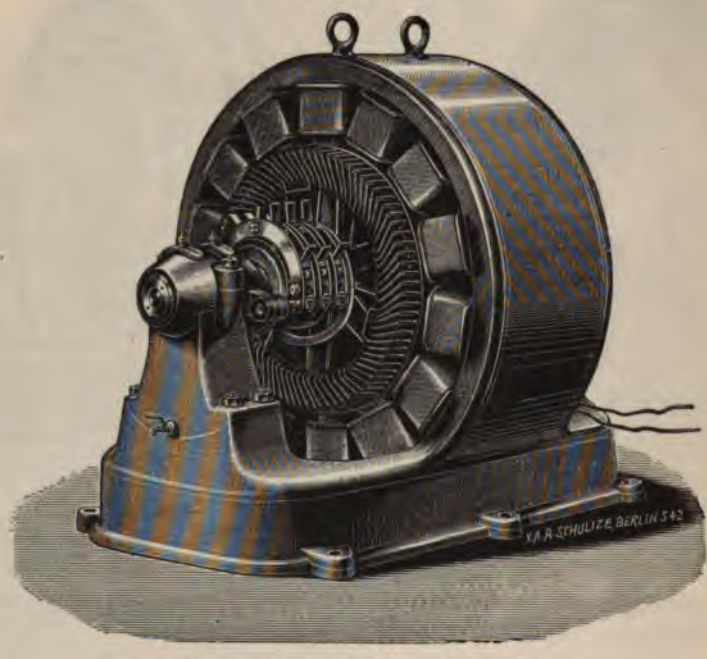
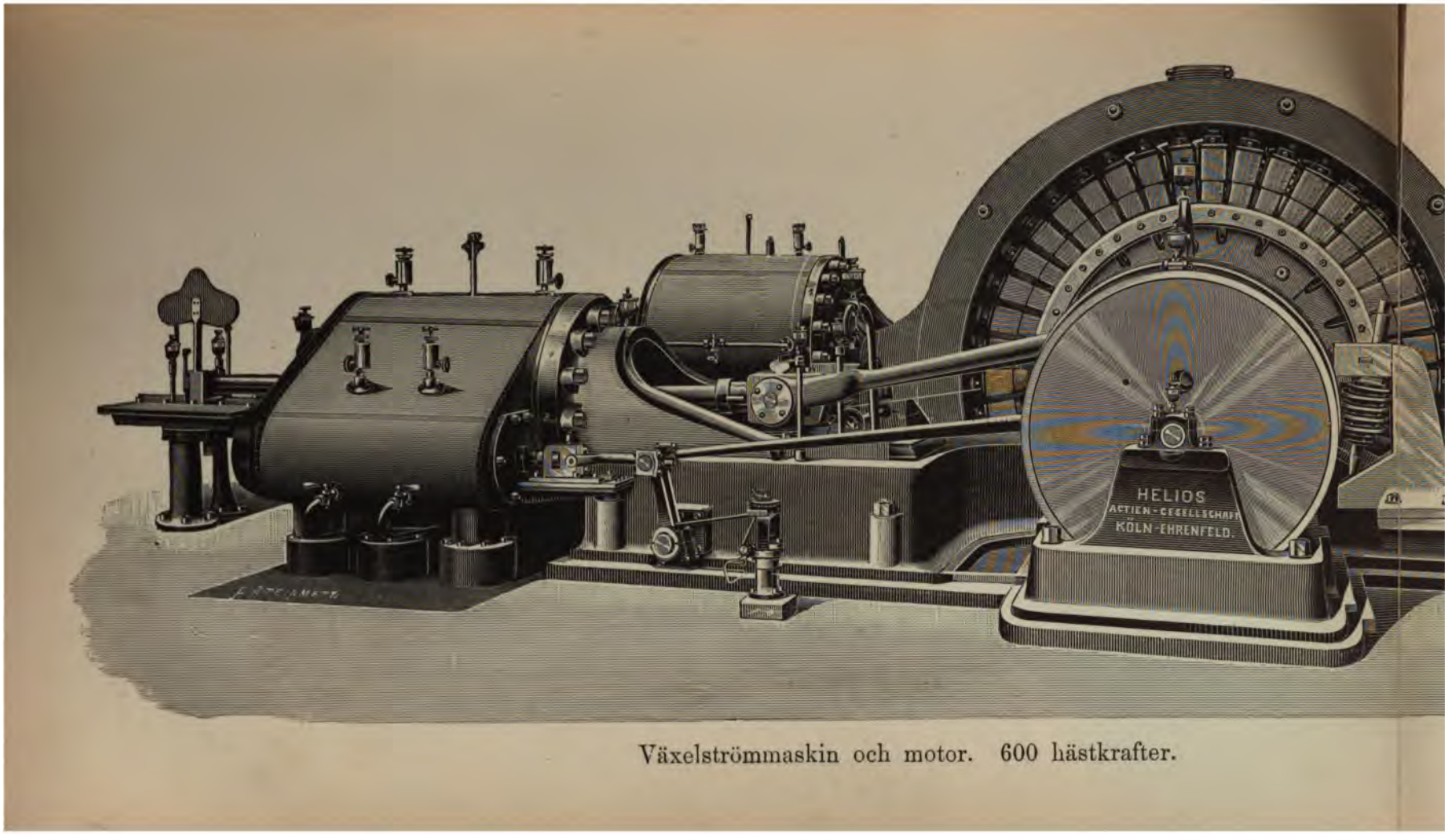


Fig. 98. Wenströms växelströmmaskin.

Dynamomaskiners strömledningar. Med hänseende till underhållande af den elektriska strömmen i elektromagnetlindningarna kan man, såsom i det föregående blifvit anfördt, anordna dynamomaskinerna på olika sätt. I Grammes och Siemens' äldre maskiner, samt flera liknande, äro induktorringen, magneterna och yttre ledningen förenade i följd efter hvarandra, hvadan alltså hela den elektriska strömmen från armaturen passerar kring magneterna och vidare ut i ledningen (fig. 99). Sådana maskiner kallas därför *seriemaskiner*. Magnetfältets styrka är där beroende på styrkan af den ström, som genomgår armaturen, eller på maskinens »belastning», som det heter; om maskinen, såsom vanligen är fallet, går med konstant hastighet, växlar därför spänningen med belastningen. Hvad angår yttre ledningen, inverkar hvarje däri befintligt motstånd på dubbelt sätt till ändring af maskinens elektromotoriska



Växelströmmaskin och motor. 600 hästkrafter.

kraft; då detta motstånd ökas, aftager äfven strömstyrkan och således äfven elektromagneternas inducerande verkan, d. v. s. deras förmåga att afhjälpa svagheten.

Helt annorlunda blir förhållandet, om man, såsom redan Wheatstone gjorde vid sin dynamomaskin, låter hufvudströmmen gå från armaturen direkt ut i yttre ledningen (fig. 100) men endast en förgrening af denna ström passera kring elektromagneterna. Armatur- och magnetlindningar blifva då parallelkopplade. Denna förgrening kallas »derivation» eller »shunt», hvadan sådana maskiner benämnas *shuntmaskiner*. Ju större motståndet i ledningen är, desto större måste också, vid oförändrad elektromotorisk kraft i armaturledningen, spänningsskillnaden blifva mellan de punkter, där bildningen till magneterna utgår; därmed ökas således äfven strömstyrkan i dessas lindningar, således deras inducerande verkan på armaturen.

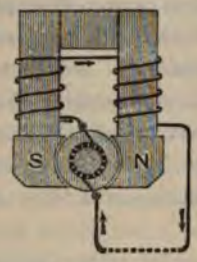


Fig. 99.
Serielindning.

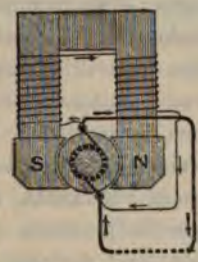


Fig. 100.
Shuntlindning.

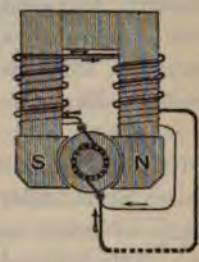


Fig. 101.
Compoundlindning.

Vid seriemaskinerna växer sålunda den elektromotoriska kraften i samma mån, som yttre motståndet minskas, vid shuntmaskinen däremot i mån som det ökas. Då man emellertid i de flesta fall måste söka hålla spänningen i ledningarna konstant, fordras det tydligen någon inrättning att reglera densamma eller, praktiskt taget, att hålla spänningsskillnaden mellan maskinens klämskrufvar konstant. Det enklaste sättet tyckes vara att i hufvudledningen inkoppla ett föränderligt motstånd, som kunde ändras i samma mån som motståndet i yttre strömkretsen växlade, men i motsatt riktning. Detta skulle emellertid, förutom andra olägenheter, medföra en onödig kraftförbrukning.

Då spänningen, enligt Ohmska lagen, utgör en produkt af motståndet och strömstyrkan, måste emellertid, om motståndet i yttre strömkretsen växlar men polspänningen förblifver konstant, strömstyrkan tydligen äfven ändra sig. Detta sker då äfven innanför polskrufvarna, d. v. s. i maskinens lindningar. Men då dessas motstånd förblifver oförändradt, måste det här vara induktorns elektromotoriska kraft, som undergår förändring.

Denna ändring kan åstadkommas genom att öka antingen maskinens omloppshastighet eller magneternas inducerande verkan; det förra möter emellertid större svårigheter, hvarför man vanligast använder det senare medlet. Detta kan anordnas på två sätt, antingen så att flera eller färre af magnetlindningarna från- eller tillkopplas, ett sätt, som emellertid sällan användes annat än vid elektriska motorer; eller ock så, att strömstyrkan i magnetlindningarna ändras. Uti shuntmaskinerna går detta mycket lätt för sig genom att i shuntledningen insätta ett föränderligt motstånd, som regleras för hand eller bättre automatiskt, allt eftersom man finner att klämspänningsvisaren antyder benägenhet för höjning eller sänkning. Vid seriemaskinerna blir saken icke fullt så enkel, enär själfva armaturströmmen löper kring magneterna. Men om man låter en bråkdel af den förra genom en grenledning passera förbi de senare, såsom exempelvis Brush har ordnat det i sin maskin, samt i denna bildning insätter ett föränderligt motstånd, så kan man genom detta senares inverkan äfven ändra strömstyrkan i magnetlindningarna.

Att sköta dessa regleringsapparater för hand är emellertid besvärligt, och att anordna dem för automatisk verkan fordrar mekaniska inrättningar af mer eller mindre komplicerad beskaffenhet, dem man helst vill undvika. Den tanken låg därför nära till hands att genom en kombinering af de båda nämnda systemen söka på rent elektrisk väg göra dynamon självreglerande. Enligt detta sätt, först uppgifvet af Marcel Deprez, föres kring elektromagneterna, förutom den fina shuntlindningen (fig. 101), äfven några hvarf grof serielindning, som genomgås af själfva armaturströmmen. Om dessa båda lindningars längd och groflek äro riktigt afpassade, kan en fullt konstant spänning här erhållas; vid stort motstånd i yttre strömkretsen är det nämligen hufvudsakligen shuntlindningen, som verkar på elektromagneterna, men om yttre motståndet sjunker och strömstyrkan sålunda stiger, kommer äfven armaturströmmen kring magneterna till verksamhet, och detta alltid i lagom grad för att bibehålla klämspänningen konstant. Sådana maskiner kallas *compound-maskiner*.

I vissa fall och i synnerhet vid växelströmmaskiner användes, såsom ofvan blifvit nämndt, till elektromagneternas matning en särskild liten dynamo med likriktad ström, eller ock rättvändas strömmarna från vissa af induktorns trådspolar och föras genom magnetlindningarna.

Till följd af de olika metoderna för magnetfältets matning hafva nyssnämnda tre olika slag af dynamos hvart för sig vissa egenskaper, som göra dem lämpliga för olika ändamål. Sålunda användes *seriemaskinen* i de fall, då *strömstyrkan* bör vara konstant, såsom då flera båglampor samtidigt skola hållas lysande, vid kraftöfverföringar och för koppargalvanoteknik, men kan äfven begagnas vid glödlampbelysning, då förändring i antalet lampor icke ifrågakommer. *Shuntmaskinen* är däremot lämpligare, då man fordrar konstant *spänning*, såsom just vid glödlampbelysning. Men den är äfven passande för galvanotekniska ändamål, emedan den icke kan få sin magnetism omkastad, blifva »ompolariserad», genom den i det galvaniska badet uppkommande polarisationsströmmen, en olägenhet, som i vissa fall kan inträffa med en seriedynamo. Äfven för båglampbelysning kan shuntmaskinen med fördel användas, då lamporna äro anbragta i parallel. Slutligen äro sådana maskiner äfven lämpligast för laddning af ackumulatorer. *Compound-maskinerna* lämna, äfven vid betydliga växlingar i motstånd och strömstyrka, i ännu högre grad än shuntmaskinerna en *konstant spänning*. De äro därför synnerligen lämpliga vid belysningsanläggningar med glödlampor i parallelkoppling. Skulle man där använda en seriedynamo, och några lampor släcktes, komme de andra att lysa bättre, hvaremot de lysa sämre, om lampantalet ökas. Ville man åter begagna en shuntmaskin, komme i liknande fall de återstående lamporna att lysa allt starkare och starkare och kanske att förbrännas. Men med en compound-dynamo kan man tryggt släcka ett flertal lampor, utan att detta märkbart inverkar på de öfriga. Sådana maskiner användas jämväl med stor fördel vid anläggningar för utdelning af elektrisk kraft från en gemensam centralanstalt.

Dynamomaskiners industriella verkningsgrad uttryckes genom förhållandet mellan den elektriska energien i yttre ledningen och den mekaniska energi, som fordras för maskinens drifvande. Detta förhållande angifver i själfva verket, huru stor del af motorns mekaniska arbete som genom dynamon kan tillföras den yttre ledningen. Att detta icke kan vara hela det använda arbetet är uppenbart, ty flera orsaker till förluster förekomma uti själfva maskinen. Förutom friktionen i tapplagren samt

luftmotståndet, höra dit de förut nämnda »Foucaultska» strömmarna, elektromagneternas och induktorspolarnas upphettning — dess framträdande vittnar ju alltid om en viss kraftverkan — äfvensom den s. k. *hysteresis* eller den magnetiska trögheten. Den ständiga ommagnetiseringen af järnet i armaturen tager alltid en viss energi i anspråk, desto större ju större rotationshastigheten och antalet kraftlinier per kvcm. äro. Denna förlust är oberoende af huruvida järnkärnan är massiv eller sammansatt af plåtar, men proportionell mot järnmassan i sin helhet. Hvirfvelströmmar och hysteresis benämnas med ett gemensamt namn *järnförluster*, ty de förekomma i armaturjärnet. Med *kopparförluster* menas åter den energiförlust, som orsakas af ledningsmotståndet i armatur- och magnetlindningarna.

Nu måste tydligtvis summan af alla förlusterna jämte det nyttiga arbete, som maskinen uträttar, vara lika med just det mekaniska arbete, som åtgår för maskinens drifvande. I väl konstruerade maskiner äro de nämnda förlusterna jämförelsevis ringa, så att verkningsgraden vid de större (öfver 100 hästkr.) kan uppgå till 90—95 %, men plägar vid mycket små maskiner (under en hästkr.) gå ned till 70—80 %. I fråga om verkningsgraden äro dynamomaskiner således ganska fullkomliga apparater, i det att, åtminstone vid de större, blott en jämförelsevis ringa del af det arbete som skall omsättas går förlorad. Dock kan icke hela återstoden tillgodogöras lamporna eller kraftmaskinerna i yttre strömkretsen, ty någon del däraf går alltid förlorad genom uppvärmning af själfva ledningstråden, genom ofullständig isolering m. m.

Ett sifferexempel skall förtydliga, hur man kan beräkna en dynamos verkningsgrad. Enligt en af grundlagarna i elektricitetsläran, den s. k. *Joules lag*, kan den elektriska strömmens arbete uti en ledare mätas genom produkten af spänningsskillnaden mellan båda ändpunkterna × strömstyrkan × tiden. Produkten af de båda förstnämnda kvantiteterna angifver arbetsintensiteten för en sekund, och därmed uttryckes en maskins »netto arbetsförmåga» eller »effekt» uti det mått, som vi förut lärt känna under benämningen »volt-ampère» eller »watt». Nu är emellertid 1 hästkraft = 736 watt enligt det vanligast använda franska måttsystemet (en engelsk hkr. är = 746 watt), och därmed är således räkneenheten gifven för jämförelse mellan en dynamos och en mekanisk motors arbetsförmåga. Vi komma nu till räkneexemplet.

Antag, att det behöfs 100 hkr. för en dynamos drifvande och att maskinen därvid åstadkommer en strömstyrka af 615 ampère med en spänning af 110 volt. Dess *netto arbetsförmåga* är då $615 \cdot 110 = 67650$ watt, d. v. s. $\frac{67650}{736}$ hästkrafter och dess *industriella verkningsgrad* således $= \frac{67650}{736 \cdot 100} = 0{,}92$ eller 92 %.

Man kan konstruera en maskin af samma typ och för samma antal kilowatt med större eller mindre verkningsgrad, men ju högre sådan man eftersträfvar, desto tyngre och följaktligen dyrare blir maskinen. Emellertid stiger också effekten ganska hastigt vid ökning af maskinens dimensioner. Sålunda har man exempelvis beräknat, att vid en Grammes dynamo kan påräknas åtminstone tiodubbel effekt, om dimensionerna fördubblas eller vikten åttadubblas. Detta kan emellertid utfalla ganska olika vid olika maskintyper.

Hvad angår den magnetiska kraft, som verkar i maskinen, kan man anse, att de kraftlinier, som genom magnetfältet, »luftgapet» och armaturen sammansluta sig med hvarandra, bilda en magnetisk ström underkastad en lag motsvarande Ohms lag för de elektriska strömmarna. Den inducerande kraften af en magnetspole brukar räknas i *ampèrelvarf*, d. v. s. antalet trådhvarf multipliceradt med strömstyrkan i hvarje. Motståndet åter utgöres af summan utaf motstånden i nyssnämnda skilda

delar, som kraftlinierna hafva att genomgå, och det växer i hvarje del med väglängden och med magnetismens styrka (antal kraftlinier pr kvcm.) samt med materialets obenägenhet att släppa fram magnetismen. I fråga om ledningsförmågan — »permeabiliteten» — äro smidt järn och stål bäst, gjutjärn något sämre. Luft och alla omagnetiska kroppar äro mycket motståndskraftiga. Därför söker man också att i möjligaste mån minska luftgapet, d. v. s. afståndet mellan armaturens och magnetpolernas järnytor. Flera konstruktörer och bland dem svensken Wenström hafva, såsom ofvan nämndt är, för detta ändamål förlagt armaturtråden i rännor uti induktorns omkrets. Därigenom har luftgapet kunnat nedbringas till $^1/_2$—3 millimeter, beroende på maskinens storlek. Hvad angår magnetfältets material, användes därtill hälst gjutjärn såsom billigast, men då smidt järn och stål kunna med mindre tvärskärningsyta gifva samma fältstyrka, komma dessa något dyrare materialier till användning vid maskiner, där kostnadsfrågan är af underordnad betydelse i jämförelse med minskad vikt och volym.

Att tillgodogöra all den magnetism, som alstras af magnetspolarna, är emellertid icke möjligt; en del däraf slutes direkt mellan polerna eller genom den omgifvande luften utan att genomgå armaturen. Dessa »läckande» kraftlinier, hvilka sprida sig utåt, utöfva magnetiserande verkan på i närheten befintliga föremål, så att hammare, skrufnycklar o. d. dragas till maskinen. Äfven de flesta fickur äro känsliga för detta magnetiska vagabondflöde och bringas däraf lätt i olag. Vid de s. k. järnmantlade magnetfälten, där magnetspolarna äro omslutna af en järnstomme, är olägenheten af magnetismens spridning utåt emellertid till största delen undanröjd.

Sekundära strömkällor.

Transformatorer. Spänningens omsättning. — Transformatorernas utveckling. — Gaulard & Gibbs sekundärgenerator. — Ganz & C:ies transformator. — Andra transformatortyper. — Transformatorers anordning och uppställning. — Likströmstransformatorer.
Ackumulatorer. Magasinering af elektrisk energi. — Ackumulatorernas utveckling. — Faures ackumulator. — »Electric Power Storage C:ies» ackumulator. — Andra ackumulatorer. — Torrackumulatorer. — Ackumulatorers verkningssätt, laddning och urladdning m. m.

Vi komma nu till ett särskildt slag af elektriska alstringsapparater, hvilka så till vida äro besläktade med de egentliga, förut behandlade strömkällorna, att de afgifva elektrisk ström, men skiljaktiga från dem däruti, att de icke förvandla en annan energiform till elektrisk energi utan endast omsätta elektricitet till — elektricitet, antingen så att den elektriska strömmens spänning och strömstyrka ändras, eller så att den vid ett tillfälle alstrade elektriciteten samlas och förvaras för att efter längre eller kortare tid återgifvas på samma eller annan ort. Dessa apparater hafva erhållit det gemensamma namnet *sekundära strömkällor*, för att därmed beteckna, att elektriciteten tillföres dem från en primär strömkälla.

Om man äfven här skulle förklaringsvis vilja, liksom förut, jämföra den elektriska strömmen med strömmande vatten, må till en början erinras, att äfven ett ringa vattenfall kan trycka upp vatten till betydlig höjd. Man behöfver blott låta vattnet drifva ett kvarnhjul och sätta detta i förbindelse med en tryckpump för att lyfta vattnet ända till tiodubbla fallhöjden, d. v. s. åstadkomma, om man så vill, en vattenpelare af tiodubbelt tryck. På samma sätt kan man med en elektrisk ström af ringa spänning åstadkomma en annan med hög tension, dock att, likasom i fråga om vattenfallet, den lyftade massan, det vill här säga strömstyrkan, minskas i förhållande till tryckhöjden, det vill här säga spänningens ökning. Ty frånräknadt oundvikliga förluster måste produkten af trycket × strömstyrkan alltid blifva lika å ömse sidor.

Å andra sidan kan man lika fullt omsätta ett högt vattentryck till ett ringa fall, men naturligtvis då med större vattenmassa; på liknande sätt förmår tekniken äfven omsätta det elektriska flödet från hög spänning till låg med därvid ökad strömstyrka.

De elektriska apparater, som tjäna detta omvandlingsändamål, kallas *transformatorer*.

Kvarnhjulet och tryckpumpen skulle man emellertid äfven kunna använda på ett annat sätt, nämligen till att fylla vatten i en kvarndam, för att här hafva en vattenkraft i reserv för den händelse själfva kvarnbäcken skulle torka ut. Något liknande kan man äfven göra med elektriciteten, men härvid möter en stor olägenhet. Elektriciteten i rörelse kan visserligen nöja sig med en tunn tråd för att komma fram till och med i stor mängd, d. v. s. med stor strömstyrka, men elektriciteten i

hvila tager i anspråk ett högst betydligt utrymme, ty den håller sig blott till ytan af ett föremål men fäster sig icke alls vid dess inre massa. Man skulle sålunda kunna ladda hela jordklotets yta med elektricitet om 100 volt och därtill icke behöfva mera elektrisk energi än den, som på ett par sekunder förbrukas i en vanlig glödlampa.

Gent emot sådana utrymmesanspråk kan det tydligen icke blifva fråga om att samla och i förråd förvara elektriciteten såsom sådan. Men lyckligtvis har man förvandlingsutvägen att tillgå; man omsätter elektriciteten i en annan energiform, ur hvilken densamma kan på enkelt sätt återvinnas.

Sådana elektriska samlingsapparater benämnas *ackumulatorer*. Genom användande af sekundära strömkällor — *transformatorer* och *ackumulatorer* — har elektrotekniken på de senaste åren tagit ett väldigt steg framåt, och man är berättigad att i båda riktningarna vänta sig ännu större.

Transformatorer.

Spänningens omsättning. Om två trådspolar uppträdas på en järnkärna (fig. 102) och en växelström ledes genom den ena af dem, så blir den gemensamma järnkärnan magnetisk. Men för hvarje särskild strömväg kommer kraftliniernas antal att stiga och falla, och för hvarje strömväxling omkastas deras riktning. På liknande sätt verkar järnkärnan på den andra spolen, så att äfven i dess lindningar, om de bilda en sluten ledning, strömvågor framvälla, till- och aftagande i styrka och ständigt växlande riktning. Man kan därför säga, att den första spolens, den *primära* ledarens elektriska energi genom induktion öfverföres till den andra, den *sekundära* ledaren. Härvid kan man emellertid ändra energiens sammansättning. Denna uttryckes enligt Joules lag genom produkten: strömstyrka × spänning. Om nu ett visst mått elektrisk energi öfverföres från en apparat till en annan och, enligt teorien för kraftens oförstörbarhet, där återgifves i samma mått — oafsedt oundvikliga förluster vid öfverföringen och i apparaten —, så måste tydligen, om exempelvis spänningen minskas, strömstyrkan i samma mån ökas, så att produkten förblifver densamma som förut.

Möjligheten af en sådan omvandling är af ovärderlig nytta vid öfverförande af elektrisk energi på långa afstånd, vare sig för belysnings- eller kraftändamål. Om det exempelvis — såsom i vårt land ju här och hvar är händelsen — på några mils afstånd från en ort finnes ett präktigt vattenfall, hvad vore väl naturligare än att söka använda denna billiga kraft för ortens belysning? Om härtill fordras en ström af jämförelsevis låg spänning, blir strömstyrkan för ett större belysningsområde emellertid högst betydlig, och en sådan ströms öfverförande från alstringsstället till förbrukningsorten skulle kräfva grofva ledningstrådar i samma mån som afståndet vore större. Ty med afståndet växer ju motståndet och därmed äfven kraftförlusterna, men dessa måste hållas inom vissa gränser, därest icke hela anläggningen skall blifva förfelad. Å andra sidan kostar den grofva koppartråden mycket pengar, och ledningarna för den lågspända strömmen kunna därför, jämte alla sina tillbehör, snart blifva så dyra, att räntorna på anläggningskapitalet kanske skulle sluka hela vinsten af företaget.

Utan alltför dryg kostnad kan därför lågspänd ström i allmänhet icke transporteras mycket öfver ett par kilometers väg. Vid fråga om större afstånd måste den å alstringsorten omsättas till högre spänning och ringare styrka, ty då kunna finare,

således billigare ledningstrådar användas. Men den höga spänningen duger icke för glödlamporna och kan rent af blifva lifsfarlig för förbrukarne. Om man ock, teoretiskt taget, vid dessa spänningsomsättningar skulle kunna gå ända därhän att, som en fransk författare yttrar, framdrifva »tusen hästkrafter genom ett nyckelhål», så måste likväl spänningshöjningen hållas inom vissa praktiska gränser. Ingen skulle gärna vilja, äfven för erhållande af den briljantaste belysning, låta i sin våning införa en elektrisk ledning, som, därest olyckan är framme, skulle oförhappandes kunna ge honom ett litet blixtslag.

Därför måste den på långt afstånd alstrade högspända strömmen vid ankomsten till förbrukningsorten omsättas till lågspänd ström, innan den utsläppes i ledningsnätet.

Det är denna omvandling, som utföres af *transformatorerna*. I den å fig. 102 framställda enkla apparaten kan, såsom vi strax skola få se, den primära spolens växelström omsättas till lägre spänning uti den sekundäras trådlindningar helt enkelt genom att i lämpligt förhållande ändra dessas *antal*.

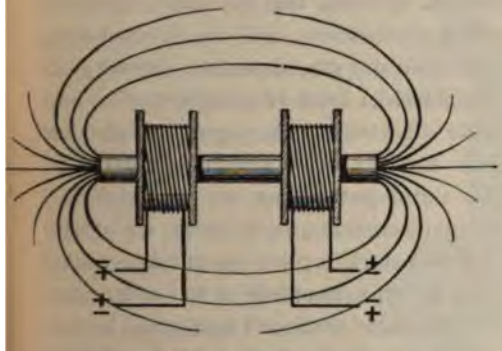


Fig. 102. Induktionsström.

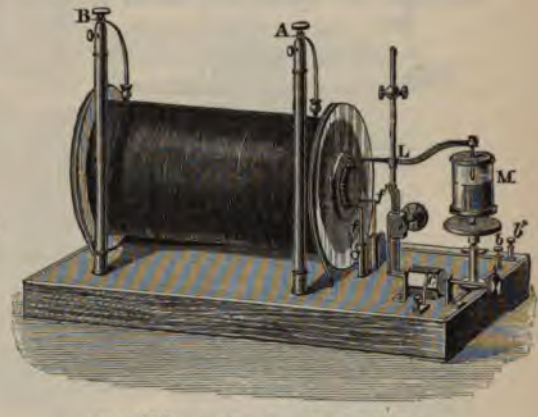


Fig. 103. Ruhmkorffs gnistinduktor.

Transformatorernas utveckling. Med transformatorer menas således sådana apparater, genom hvilka en förändring äger rum af den elektriska energien från hög spänning och låg strömstyrka till lägre spänning och stor strömstyrka eller tvärt om. De äro emellertid egentligen intet annat än »*induktionsapparater*», och sådana har man känt till i mer än femtio år, ehuru använda endast för svaga strömmar.

Den första induktionsapparaten sammansattes af induktionens upptäckare, Faraday, redan år 1831 men hade endast till ändamål att ådagalägga själfva induktionen, d. v. s. att visa hur elektrisk ström genom dess inverkan kunde öfverföras från en ledare till en annan. Några år senare kom visserligen den amerikanske elektrikern Page på den tanken att genom induktionsapparater äfven höja strömmens spänning. Men det var dock först den i Paris bosatte mekanikern Ruhmkorff, som genom väsentliga förbättringar gjorde induktionsapparaten praktiskt duglig för spänningsomsättningar och fäste vetenskapsmännens uppmärksamhet på dess synnerliga användbarhet för åstadkommande af höga spänningsgrader. År 1848 konstruerade han sin första »*gnistinduktor*», afsedd att, såsom namnet antyder, åstadkomma gnistor i likhet med en elektricitetsmaskin. Sedermera förbättrad, erhöll apparaten år 1851 den form, som den allt framgent i hufvudsak bibehållit (fig. 103). Själfva induktions-

rullen har innerst en järnkärna, omgifven af ett fåtal hvarf 1 till 2 mm. grof koppartråd, bildande den *primära* lindningen; därutanpå ligger den *sekundära*, c:a $^1/_4$ mm. i diameter, i flera tusen hvarf och ytterst väl isolerad. Till förekommande af Foucaultska strömmar i kärnan är denna icke massiv utan består af ett knippe glödgad järntråd. Den primära strömmen erhålles vanligen från ett galvaniskt batteri, inkommer i apparaten vid polskrufvarna b, b' men genomgår först en strömafbrytare och en strömvändare eller nyckel. Den förra består af en häfstång, L, från hvars yttre ände en platinatråd nedhänger i en kopp, M, innehållande kvicksilfver. Då häfstångens inre ände attraheras till den genom primärströmmen magnetiserade järnkärnan, drages platinaspetsen upp ur kvicksilfret och strömmen afbrytes; men i samma ögonblick upphör äfven den magnetiska attraktionskraften, inre häfstångsänden släppes loss från järnkärnan, platinaspetsen nedfaller å nyo i kvicksilfret och strömmen slutes. Strömafbrytaren kan emellertid äfven konstrueras på annat sätt men har i alla händelser till uppgift att i den primära ledningen åstadkomma tätt på hvarandra följande strömslutningar och afbrott. Vid hvarje slutning induceras i den sekundära ledningen en ögonblicklig ström af motsatt riktning mot den primäras; vid afbrottet uppkommer äfven en strömimpuls, men i samma riktning. Den sekundära ledningen eller »*induktorn*», som den äfven kallas, gifver således växelströmmar. Dessas elektromotoriska kraft är egentligen lika, men enär afbrytningen sker ögonblickligen, har den därvid alstrade strömmen kortare tid än slutningsströmmen att utveckla sig i induktionsspiralen och visar sig därför faktiskt starkare; den kan ytterligare stärkas genom användande af en kondensator. Denna ligger vanligen i apparatens bottenbräde och består af ett antal stanniolblad med mellanlägg af vaxtaft samt har till ändamål att upptaga den extra ström, hvilken uppkommer vid den primära ledningens afbrytande, men att återgifva denna energi, då strömriktningen ändras. Afbrytningsströmmarna kunna därför blifva tillräckligt starka att t. o. m. frambringa en lysande följd af gnistor mellan den sekundära ledningstrådens ändar, om dessa föras nog nära hvarandra. Genom den ofvannämnda nyckeln afsåg Ruhmkorff att efter behag kunna afbryta batteriströmmen eller omkasta dess riktning. Den utgöres hufvudsakligen (fig. 104) af en med metallbeläggningar V, V' delvis försedd ebonitrulle, som medels knappen L kan vridas så, att de med primärledningen förenade ståndfjädrarna B och C komma i förbindelse med den ena eller andra af nämnda beläggningar, hvilka åter stå i ledande förbindelse med de vid A och D inkommande ledningstrådarna $+P$ och $-N$ från det galvaniska batteriets poler.

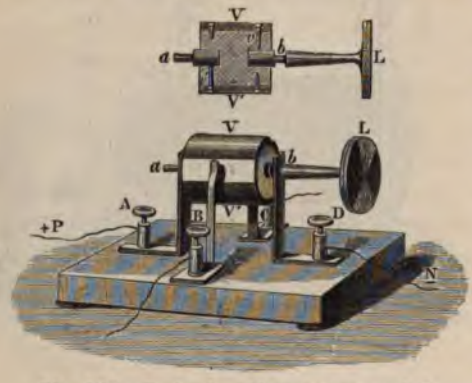


Fig. 104. Ruhmkorff-apparatens nyckel.

Ruhmkorff hade således åstadkommit en apparat, medelst hvilken man kunde förvandla en likriktad ström af ringa spänning men stor intensitet till växelström med högst betydlig spänning men ringa styrka. Men också begagnade han för detta ändamål en mycket fin induktionstråd upplindad i så många hvarf, att dess längd uppgick till 10 kilometer, och hvars uppläggning och isolering kräfde den yttersta omsorg och skicklighet. I våra dagar har man tillverkat ännu större och kraftigare

induktionsrullar, exempelvis Spottiswoods, hvars induktor är omlindad med 340,000 hvarf af den hårfinaste tråd, utgörande en längd af 450 km., och som kan gifva gnistor af mer än 1 meters längd.

Induktionsapparatens stora betydelse, redan erkänd af Napoleon III genom uppfinnarens belönande med Volta-priset, 50,000 francs, har till fullo visat sig, så väl inom vetenskapliga och medicinska områden som för rent tekniska ändamål, såsom för antändning af sprängskott, vid registreringsapparater, inom telefonien m. m. Men det var först mot slutet af 1870-talet, som man försökte använda densamma för elektrisk belysning. Då ville nämligen den förut omnämnde uppfinnaren Jablochkoff begagna den i samband med de af honom uppfunna kaolinbåglamporna; för åstadkommande af ljusets delning samt den erforderliga höga spänningen försågs hvarje lampa med en liten induktionsrulle, hvars primärledning matades af en växelström. Här var således ännu icke fråga om växelströmteknikens hufvuduppgift, att på billigt sätt leda en betydlig elektrisk kraft lång väg och sedan omsätta den uti en för det egentliga ändamålet användbar form. Denna angafs först senare af Marcel Deprez och Carpentier, hvilka föreslogo elektricitetens fördelning genom transformatorer på sådant sätt, att växelströmmaskiner uppställda i en centralstation alstrade strömmar af låg spänning, hvilka genom induktionsapparater förvandlades till högre spänning och mindre styrka, så att de kunde genom smala ledningstrådar föras till stora afstånd för att slutligen å nyo transformeras till låg spänning, passande för lampor eller motorer. De första, som i praktiken utförde dessa förslag, voro Gaulard och Gibbs; den förre kan anses såsom transformatorteknikens egentlige upphofsman men delade så många andra stora uppfinnares sorgliga öde, att sluta i fattigdom — på ett dårhus! Den senare, en engelsk bankir, var uppfinningens finansielle förläggare.

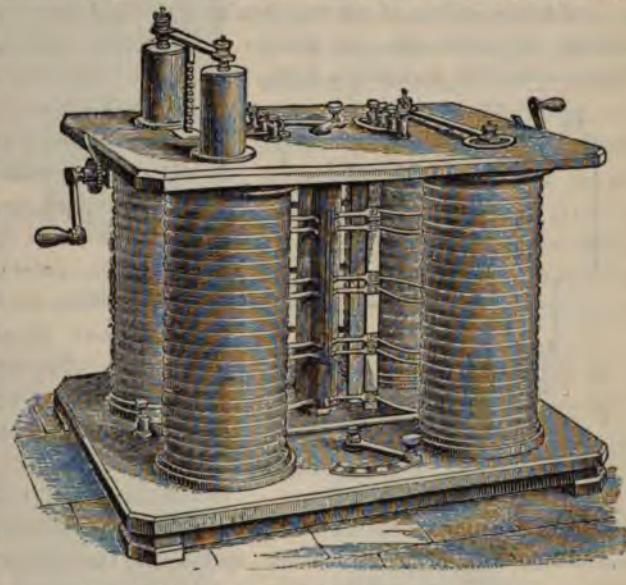


Fig. 105. Gaulard & Gibbs' sekundärgenerator.

Gaulard & Gibbs' "sekundärgenerator" bestod ursprungligen af ett antal upprättstående induktionsrullar (fig. 105) å en gemensam fotplatta och så anordnade, att sekundärledningarna kunde kopplas i serie eller parallelt, alltefter spänningsbehofvet. På enahanda sätt kunna äfven de primära lindningarna inkopplas hvar för sig eller till olika antal. Till ytterligare reglering af spänningsgraden kunde järnkärnorna skjutas mer eller mindre långt ned i spolarna, hvarigenom deras induktionsverkan tydligen ändras. Emellertid ha Gaulard & Gibbs sedermera användt en annan konstruktion, där transformatorn bildas af två pelare, bestående af på

hvarandra liggande, isolerade kopparskifvor, omslutande en U-formig kärna af järntråd, upptill försedd med en järntrådsbrygga. Denna anordning, som på flera ställen blifvit använd, har legat till grund för flera nyare transformatorkonstruktioner.

Sådana apparater, med en verkningsgrad af 85—89 procent, uppställdes å förbrukningsställena, förenade i serie uti ledningen från en växelströmmaskin (fig. 106), i ändamål så väl att på induktionens väg åstadkomma en strömfördelning som att vinna besparing i ledningskostnad. Därmed var uppslaget gifvet till det nutida växelströmsystemet, som, betraktadt hufvudsakligen ur ekonomiens synpunkt, visat sig så fördelaktigt vid fråga om elektricitetens öfverförande på stora afstånd.

Ganz & C:ies transformator betecknar ett väsentligt framsteg i utvecklingen. Den benämnes äfven ofta efter konstruktörerna med det längre namnet Zipernowskis, Déri och Blathys transformator.

Kärnan bildas af ett ringformigt järntrådsknippe, omlindadt med isolerad kopparträd på sådant sätt, att primär- och sekundärlindningarnas härfvor antingen ligga växelvis bredvid hvarandra kring hela ringen eller ock öfver hvarandra, naturligtvis omsorgsfullt isolerade. Härigenom förekommas på bästa sätt både Foucaultska strömmar och den förlust af magnetisk kraft, som i Gaulard & Gibbs' apparat orsakas därigenom, att järnkärnorna äro raka cylindrar och de yttersta kraftlinierna från polerna följaktligen måste passera en lång luftväg för att sammansluta sig, samt i alla händelser gå förlorade för kärnans induktionsverkan. Då förlusterna sålunda inskränkts till ett minimum, hafva Ganz & C:ies transformatorer uppnått en verkningsgrad af 92,5—96,5 procent. De kunna således återgifva i det närmaste hela den från primärströmmen mottagna elektriska energien, och detta sker visserligen med nedsatt spänning men i konstant förhållande till primärströmmens spänning. Om denna senare ständigt förblir densamma, så blir detta äfven fallet med den förra, oberoende af den kvantitet elektrisk kraft, som passerar transformatorn, och detta är ett väsentligt villkor för sådana apparaters praktiska användbarhet. Om det exempelvis finnes 50 lampor i ledningen och däraf ibland alla, ibland 20, ibland blott ett par samtidigt brinna, måste transformatorn tydligen utdela ganska skiljaktiga mängder elektricitet, men denna måste alltid hafva samma spänning i hvarje glödlampa. Att transformatorn kan åstadkomma denna spänningsjämnhet beror på följande förhållande. Hvarje strömimpuls uti primärledningen framkallar i järnkärnan ett till- och aftagande antal magnetiska kraftlinier, hvilka sträfva att uti primärledningarna uppväcka en »extraström» af motsatt riktning med den primära. Då den sekundära ledningen icke är sluten, således icke afgifver någon ström, utöfvar nyssnämnda motström en starkt försvagande verkan på den primära. Men då den sekundära ledningen är sluten och således en elektrisk ström framgår däri, så utöfvar äfven denna en magnetiserande verkan, men i motsatt riktning, å järnkärnan, hvadan dennas återverkan på de primära ledningarna försvagas och därmed äfven den skadliga extraströmmen. De primära ledningarna kunna då upptaga större elektricitetsmängd och detta i samma mån, som de sekundära å sin

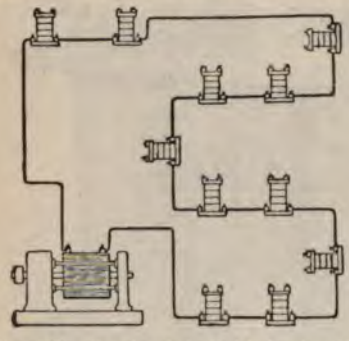
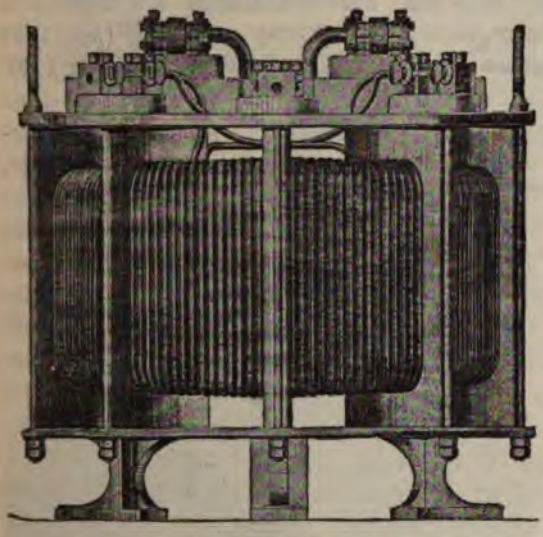


Fig. 106. Gaulard & Gibbs' sekundärgeneratorer insatta i belysningsledning.

sida afgifva starkare ström, eller med andra ord: strömtilloppet regleras af sig självt i mån af förbrukningen, de båda strömstyrkorna bibehålla alltid samma inbördes proportion och spänningen förblifver då konstant å båda sidor. För vinnande af denna självreglering insättas transformatorerna i parallelkoppling med lampledningarna.

Vid Gaulard & Gibbs' apparater var en sådan självreglering icke möjlig, utan en särskild regleringsmekanism fordrades för spänningens vidmakthållande.



Transformatorer af den ofvan antydda konstruktionen kallas *kärntransformatorer*, emedan de magnetiska kraftlinierna passera genom en trådomlindad järnkärna. Denna anordning kan emellertid omkastas, så att koppartråden, behörigen isolerad, bildar den inre kärnan, bestående af två eller flera spiraler, och därutomkring anbringas en tät omlindning af öfverspunnen järntråd. Apparater af denna konstruktion kallas *manteltransformatorer*, och den användes till en början af Ganz & C:ie men begagnas numera sällan. Utseendet af en kärntransformator visas å fig. 107, 108. Kärnringen

Fig. 107—108. Ganz & C:ies nya kärntransformator.

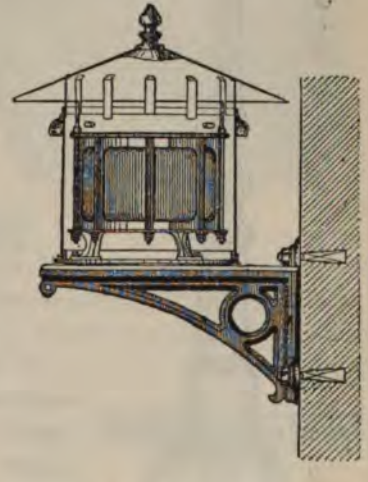


Fig. 109. Transformatorkonsol.

består här af bandjärn och har innerst den fina primärtrådens lindningar samt därutanpå den grofre sekundärlindningen, bådadera jämnt fördelade å kärnans yta samt väl isolerade inbördes och från järnkärnan. Den så beskaffade induktionsapparaten infattas mellan två järnskifvor, försedda med trämellanlägg, så att järnet icke kommer i beröring med trådlindningarna. Apparaten står på tre fötter och är å den öfre skifvan försedd med två primära och tre sekundära polskrufvar, anbragta på porslins-

skifvor och förenade med säkerhetsapparater, innehållande tråd af lättsmält metall, som vid alltför stark ström smälter och alltså afbryter ledningen.

Fig. 110. Transformatorpelare.

Ganz & C:ies transformatorer hafva i Europa funnit vidsträckt användning i samband med detta bolags växelströmmaskiner.

Transformatorerna ställas i källarrum eller murade jordkamrar, eller ock, där luftledningar äro tillåtna, å konsoler (fig. 109) eller pelare (fig. 110), dock alltid så, att de icke kunna åtkommas af obehöriga. Detta är ett nödvändigt försiktighetsmått till följd af den starka och farliga spänningen i primärledningen, och det finnes därför uttryckligen påbjudet i gällande föreskrifter för sådana anläggningar.

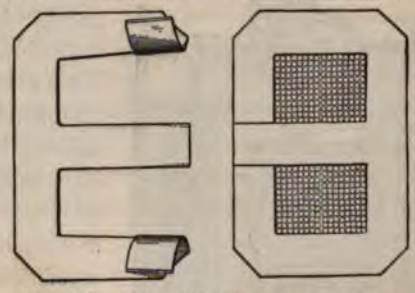


Fig. 111—112. Plåtskifva till Westinghouse-transformatorns järnkärna.

Andra transformatortyper. De förträffliga resultaten af Ganz & C:ies växelströmsystem ledde fackmännens uppmärksamhet åt detta håll och framkallade snart flera andra transformatortyper. I Amerika inköptes och utvecklades Gaulards patent utaf »the Westinghouse C:o» i Pittsburg, medan Ganz & C:ies patent förvärfvades af Edison-bolaget, dock endast i afsikt att — *icke* begagna uppfinningen utan endast förekomma en obekväm konkurrens med bolagets likströmssystem.

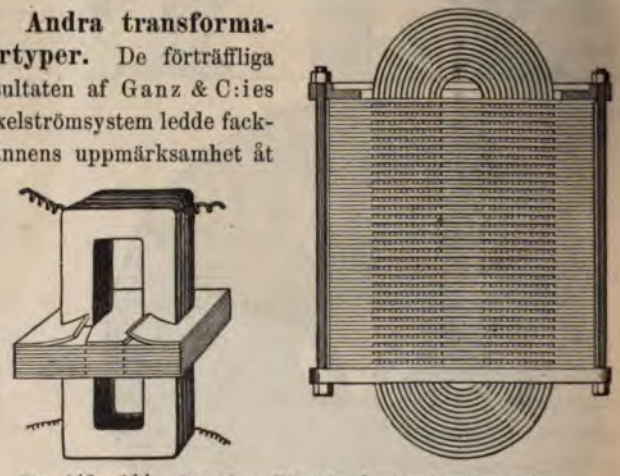


Fig. 113—114. Stanley-Westinghouse-transformator.

För Westinghouse-bolaget konstruerade dess öfveringeniör, Stanley, en transformator (fig. 111—114), som vunnit vidsträckt användande i N. Amerika. De båda lindningsgrupperna bilda två skilda och till det yttre fullkomligt lika, platta spolar af långsmalt rektangulär eller

oval form, lagda på hvarandra och inneslutna inom en mantelformig järnkärna. Denna utgöres af tunna E-formiga plåtskifvor med isolerande mellanlägg af papper, och hvilka omväxlande från ena och andra sidan inskjutas med midtelremsan uti spolarnas tomrum, hvarefter de uppåtböjda plåtremsorna nedvikas, så att den öppna sidan blir helt sluten. Upptill och nedtill anbringas en järnram för det helas sammanhållande medelst långa skrufbultar.

Vikten af järnet i en sådan apparat är ungefär tre gånger så stor som koppartrådens; verkningsgraden uppgifves kunna uppgå ända till 95 procent.

I Tyskland tillverkar firman »*Helios*» i Köln en transformator, hvars sammansättning i sina hufvuddrag liknar Stanley-Westinghouses. Den inneslutes mellan två plåtskifvor (fig. 115, 116) och öfvertäckes af en gallerhuf, hvarunder säkerhets- och kopplingsapparaterna äro anbragta.

I England och Frankrike har man vid flera stora belysningsanläggningar använt Ferrantis transformator, där de båda ledningsspolarna, af rektangulär form och

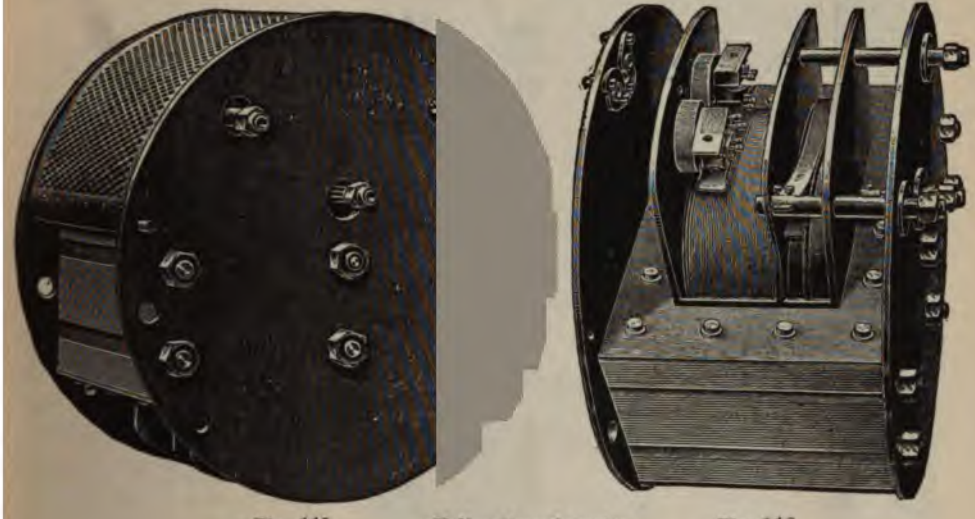
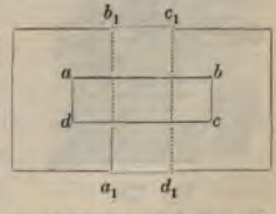


Fig. 115. »Helios»-transformator. Fig. 116.

lagda horisontalt den ena inuti den andra, omslutas af fyra, vertikalt ställda järnkärnor, bildade af ovalt böjda, tunna plåtremsor; alltsammans inneslutet i en gjutjärnsram. — Mordeys transformator, tillverkad af »Anglo-American Brush Electric Light Corporation», erinrar i sin sammansättning mycket om Stanley-Westinghouse-apparaten, men kärnan bildas på ett mera materialsparande sätt sålunda, att af hvarje plåt utskäres ett rektangulärt midtstycke, $a\ b\ c\ d$, lagom stort att lämna rum för trådspolarna samt att sedermera, vändt på tvären, instickas i dessas öppna rum och bilda mellanlägg $a_1\ b_1\ c_1\ d_1$ mellan kransplåtarna. Härigenom vinnes äfven god magnetisk ledning och ventilation. — Siemens & Halskes växelströms-



transformator utgöres af en sluten, oval järnring, för reparationsändamål delad i två hälfter samt omlindad med de båda trådspolarna.

Af *Allmänna Svenska Elektr. Aktiebolaget* i Västerås tillverkas en transformator af den å fig. 117 framställda typ. Fig:s undre del visar i plan de båda

lindningsrullarna, den vänstra i genomskärning och där inuti äfven i genomskärning en del af plåtkärnan. Öfre delen af fig. visar sistnämnda rulle i vertikal genomskärning samt plåtkärnans rektangulära form. Den är sammansatt af ⊔-formiga byglar, som efter rullarnas påträdande förenas med tvärstycken till ett slutet helt, sålunda bildande en sluten bana för magnetismen. Den grofva, sekundära ledningen ligger innerst och därutanpå den fina, primära, hvilken vid mycket höga spänningar afdelas i flera mindre spolar, på det att icke spänningen mellan närliggande trådar må blifva för stark. Apparaten inneslutes vanligen i en gjutjärnslåda, som upphänges på en stolpe (fig. 118). I

Fig. 118.
Transformatorstolpe med ledningar.

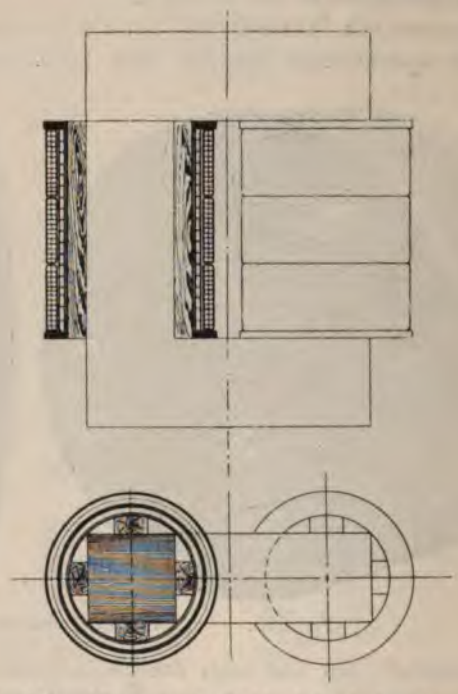


Fig. 117. Allm. Svenska Elektr. bolagets transformator.

vissa fall användes dock en annan anordning, i det att plåtkärnan inneslutes i ett tvådeladt, med fötter försedt gjutjärnsstatif, som sammanhålles medelst skrufbultar och omslutes af en huf af perforerad plåt.

Transformatorers anordning och uppställning.

Härvid kan man följa två väsentligt olika system, nämligen antingen använda ett stort antal mindre transformatorer, hvardera afsedd för ett fåtal elektriska lampor, eller ock några få, större transformatorer, som hvar för sig betjäna ett mera vidsträckt belysningsområde. Enligt det senare systemet får man sålunda på visst sätt belysningscentraler af andra ordningen, hvilka matas från hufvudcentralen

samt fördela den elektriska strömmen åt en mängd skilda håll. Tydligtvis blifva då också ett stort antal lampor beroende af en enda transformators riktiga funktionering, och kommer denna i olag, så påverkas däraf belysningen inom ett större område än vid användande af det förra systemet. Å andra sidan kräfver ju detta vida mera tillsyn och säkerligen i de flesta fall äfven högre anläggningskostnader.

Emellertid är det just detta system med många små transformatorer, som användes af de »praktiska» amerikanarne, hvilka därvid naturligtvis också göra uppställning och ledningsanordningar så enkla som möjligt. Westinghouse-bolaget anbringar sålunda sina transformatorer på samma stolpar, som uppbära ledningstrådarna, och så att hvarje hus får sin egen lilla transformator, hvarifrån »servis»ledningen direkt föres in i byggnaden (fig. 119).

Fig. 119. Belysningsledning med Westinghouse-transformatorer.

Då vi längre fram komma att utförligt redogöra för åtskilliga elektriska belysningsanläggningar, må här endast i förbigående, såsom exempel på användandet af transformatorer, omnämnas den anläggning, som efter Ganz & C:ies system utförts i de båda franska städerna Dieulefit och Valréas, och hvilken för oss kan hafva ett visst intresse därför, att den visar, hur en på långt afstånd befintlig vattenkraft kunnat tillgodogöras för belysning på billigt sätt af två små landsortsstäder. Vattenfallet är beläget 5 km. från Dieulefit och 14 km. från Valréas; dess kraft upptages af två turbiner, hvardera afsedd för 50 hästkrafter och drifvande en växelströmmaskin för 12 ampère vid 2,000 volt jämte hjälpmaskin för elektromagneterna. Linieledningarna bestå i hela sin längd af blank kiselbronstråd om 3,2 mm. diameter, lagda på dubbla klockisolatorer, fästa å stolpar eller, inom städerna, å höga takställningar. Från dessa hufvudledningar utgå grenledningar till de å murkonsoler ställda transformatorerna, hvilka äro innesluta i zinklådor. I Dieulefit finnas 115, i Valréas 233 glödlampor.

Att det i större städer med liflig gatutrafik kan vara mindre rådligt att för högspända elektriska strömmar använda luftledningar, därpå har man i synnerhet från de nordamerikanska städerna talrika varnande exempel. Där sådant icke är tillåtet,

måste man taga sin tillflykt till underjordiska ledningar med transformatorerna ställda i källarlokaler e. d.

Likströmstransformatorer. Om strömmen från en tillräckligt kraftig elektricitetskälla föres genom en dynamomaskin, kan denna användas som motor, d. v. s. att direkt åstadkomma rörelse. Det är denna egenskap, som vanligen utgör grunden för konstruktionen af likströmstransformatorer, hvilkas ändamål är att förändra en likriktad ström från en spänningsgrad och strömstyrka till en annan. En sådan omvandling kan för vissa ändamål erbjuda fördelar, hvilka antingen icke eller endast i mindre grad kunna vinnas genom transformering af växelström. Växelströmmen är ju dessutom vid höga spänningsgrader förenad med en icke ringa fara för den mänskliga organismen, en fara, som det vid vissa tillfällen kan vara af vikt att hafva alldeles aflägsnad. Om det emellertid är fråga om exempelvis så höga

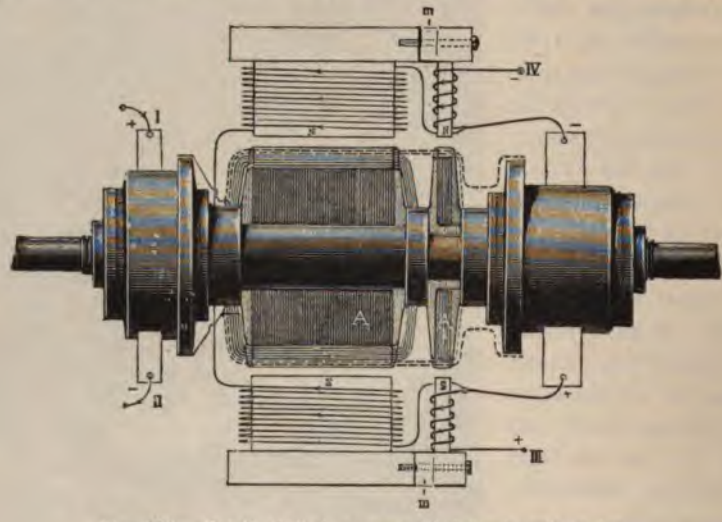


Fig. 120. Detalj af Lahmeyers likströmstransformator.

spänningar som bortåt 3,000 volt, så kan det visserligen vara tämligen likgiltigt om man begagnar likström eller växelström, ty med sådan spänning verkar nog den ena lika säkert dödande som den andra.

Redan år 1874 konstruerade Gramme en likströmstransformator, bestående af en dynamo, hvars induktor ägde två trådlindningar, en gröfre och en finare af större längd. Om t. ex. den grofva trådlindningen genomgicks af den ström, som skulle transformeras, sattes induktorn i rotation, och i den andra lindningen alstrades då en ström af högre spänning men lägre styrka än den primära. Omvändt blef förhållandet, om den primära strömmen leddes genom den fina trådlindningen; då fick man i den groftrådiga lindningen en starkare ström af lägre spänning än i den fintrådiga. Emellertid visade det sig åtminstone till en början vara förenadt med vissa svårigheter att för praktiskt bruk använda sålunda transformerad likström. Marcel Deprez var den förste, som gjorde försök med likströmskraftöfverföring på längre afstånd, men han ernådde inga tillfredsställande resultat. Likvisst bör anmärkas, att han arbetade med den ovanligt höga spänningen af mer än 6,000 volt, och på den tiden (år 1886) hade man ännu icke någon synnerlig erfarenhet i behandling af så

högspända strömmar. Något gynnsammare resultat erhöllo de engelska ingeniörerna Paris och Scott, hvilka använde en transformator liknande Grammes nyssnämnda och afsedd för 60 st. 16-ljuslampor. Men de arbetade också med betydligt mindre anspråk än Deprez. Primärspänningen utgjorde endast 350 volt, således högst betydligt mindre än våra dagars högspända strömmar, hvilka redan från 3,000 volt nått 10,000 volt, ja, som vid den uppseendeväckande försöksanläggningen från Rhenfallet vid Lauffen till elektriska utställningen i Frankfurt a/M. hunnit ända till 25,000 volt och i förslagen för användning af Niagarafallen beräknats till 30,000 volt! Anmärkas bör likväl, att detta hänför sig till växelströmmar; vid användande af likström öfverskrider spänningen sällan 3—4,000 volt.

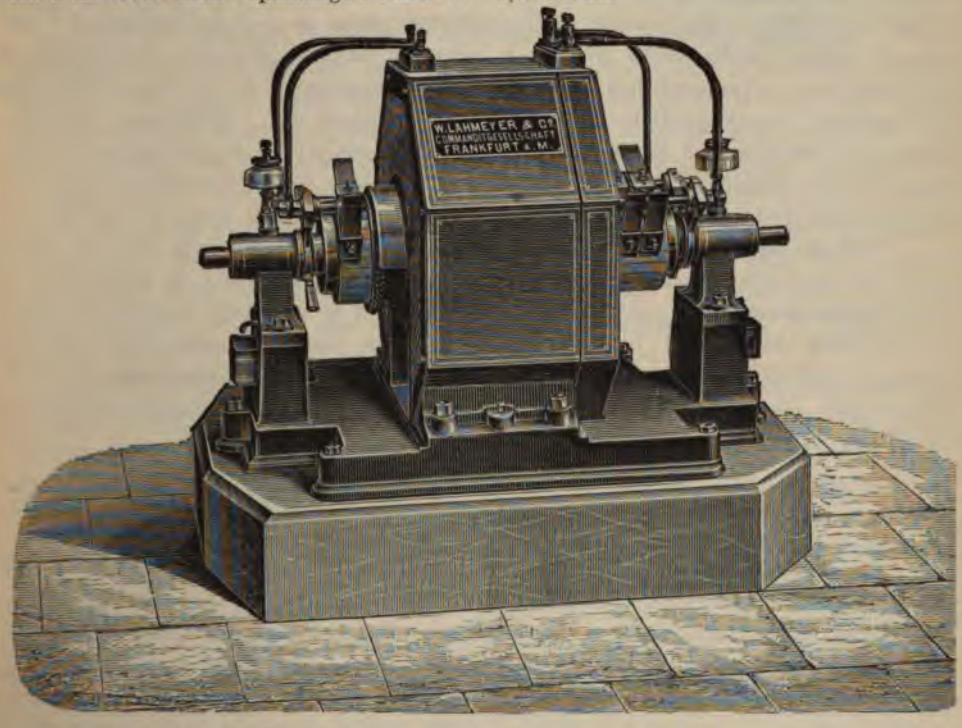


Fig. 121. Lahmeyers likströmstransformator.

Firman Schuckert & C:o i Nürnberg har konstruerat en likströmstransformator, bestående af en elektrisk motor, som drifver en dynamomaskin för afgifvande af lågspänd ström. Hufvudsvårigheten vid denna äfven af andra konstruktörer begagnade sammanställning är att vid växlande förbrukning i ledningsnätet kunna hålla den lågspända strömmen vid konstant spänning. Ty ju starkare den från dynamomaskinen utgående sekundära strömmen är, desto större blir motorns belastning, och i samma mån måste — såsom vi längre fram få se — hans omloppshastighet minskas. Men dynamomaskinen måste drifvas med konstant hastighet, så vida strömspänningen skall kunna hållas konstant, hvaremot följden af ökad förbrukning i ledningsnätet vid nyss angifna förhållande ju måste blifva en sänkning af spänningsgraden.

Denna olägenhet har Lahmeyer sökt undvika genom att på dynamomaskinens axel sätta två induktorer, båda af trumform, och förse den ena af dem, i likhet med Grammes, med två trådlindningar af olika groflek, hvardera med sin särskilda kol-

lektor (fig. 120). Den högspända strömmen, som skall omvandlas, inkommer genom borstarna *I*, *II* till vänster och genomgår den fina trådlindningen å den stora induktorn A_1. Maskinen går nu till en början endast såsom motor, men därvid uppväckes småningom en till en början svag ström i den grofva, sekundära lindningen, hvilken äfven till en del är lagd kring A_1, men dessutom öfver den korta induktorn A_2. Denna sekundära ström uppsamlas genom de till höger synliga borstarna, från hvilka den kring de små elektromagneterna kan utgå i yttre ledningen *III*, *IV*. De stora elektriska magneterna ligga i derivation från denna ledning. Så snart den första svaga sekundärströmmen satt elektromagneterna i verksamhet, börjar maskinen arbeta som dynamo, d. v. s. att utsända elektrisk ström. Småmagneterna verka, såsom af bilden synes, endast på sekundärledningen; ju starkare strömmen i densamma blifver, desto större blir också deras inducerande inflytande, och därigenom motväges den spänningsförlust, som eljest skulle uppkomma genom större belastning och minskad omloppshastighet af maskinens motoriska del. Spänningen bibehålles härigenom konstant, så länge den primära strömmens styrka är oförändrad. Enligt Lahmeyers uppgift skulle verkningsgraden hos stora transformatorer af detta slag kunna uppgå ända till 92 procent. Apparatens yttre utseende synes af fig. 121.

Att sådana transformatorer icke behöfva lika noggrann tillsyn som de, hvilka bestå af två skilda maskiner, är uppenbart. Men lika uppenbart är också, att alla likströmstransformatorer just genom sin beskaffenhet af maskiner med rörelse förete en väsentlig olägenhet i jämförelse med de utan ringaste rörelse, tyst och stilla arbetande växelströmstransformatorerna. Också hafva likströmstransformatorer, ännu icke funnit något vidsträcktare användande. Vi återkomma emellertid längre fram till denna fråga.

Ackumulatorer.

Det är blott mycket sällan här i världen, som alstring och förbrukning af kraft jämnt motsvara hvarandra. Sker den förra till öfverlopps, så förspilles öfverskottet utan nytta, därest man icke kan uppsamla och förvara det till ett annat tillfälle, för ett annat kraftbehof. Mången gång kommer ett sådant sparadt kraftförråd i synnerhet väl till pass, då behofvet kanske öfverstiger tillgången för tillfället. Ej sällan inträffar äfven, att kraften kan alstras i riklig mängd på en ort, men förbrukningen måste ske på en annan, därifrån aflägsen; kan den då icke direkt ledas till förbrukningsorten, så har man tydligen ingen annan utväg än att på ett eller annat sätt ur källan uppsamla och magasinera kraften, transportera den till arbetsstället och där åter frigöra och bringa den i verksamhet.

Det dagliga lifvet företer härpå otaliga exempel, af hvilka vi här endast vilja erinra om ett par. Våra ur behöfva ett visst mått af rörelseenergi för att hållas i gång, men detta gifva vi dem icke minut för minut — det vore ju alldeles för besvärligt — utan med många timmars eller dagars mellantid i förråd genom att »draga upp dem» och magasinera den härvid använda kraften antingen i en spänd fjäder eller en upphängd tyngd, hvilken sedermera under hela den mellanliggande arbetstiden utminuterar denna kraft i de för urmekanismens jämna gång erforderliga småportioner. Med värmen på jorden och allt hvad däraf beror skulle det, utan ett dylikt magasineringssystem, stå bedröfligt illa till. Vi skulle då under vinterns köld icke ha stort annat att värma oss med än erinran om sommarens hetta, ett äfven

med den lifligaste fantasi alltför otillfredsställande uppvärmningsmedel. Men till all lycka har naturen sörjt för att det kostbara goda, som solen i öfversvallande mängd under sommaren tillsänder vår jord, af växtvärlden upptages och magasineras på sådant sätt, att det bland annat i form af brännmaterial kan långa tider därefter åt människan utdela de under årtionden eller kanske årtusenden hopade värmeskatterna. Och huru skulle det väl utan dessa dyrbara skatter vara oss möjligt att hålla i gång dessa otaliga maskiner, detta väldiga industriella arbete, denna alltomfattande samfärdsrörelse, hvilka ytterst bero på värmets lifgifvande energi? Hur skulle vi, utan en sådan magasinering af energi, ens kunna tänka oss möjligheten utaf organiskt lif på vår jord?

Hvad nu särskildt angår den energiform, som benämnes elektricitet, är det visserligen oftast händelsen, att densamma, använd inom industrien, förbrukas i samma mån som den alstras. Den elektriska belysningsströmmen flödar utan vidare fram till lamporna och matar dem, men i samma ögonblick maskinen stannar, är det slut med ljuskällan, där finnes intet förråd för lampornas vidare matning. Då har man det långt bättre inom gaslysningen. Där utgör gasklockan det magasin, hvarur oförutsedda behof tillgodoses och ojämnheter i förbrukningen utjämnas; gastillverkningen röner däraf intet inflytande utan kan gå sin regelbundna gång, oberoende af huru många lågor som tillfälligtvis släckas eller tändas. Tydligtvis skulle det vara fördelaktigt att äfven för den elektriska kraftförbrukningen hafva ett liknande utjämningsmagasin att tillgå.

Visserligen har man redan sedan äldre tider i »Franklins skifva och »Leydnerflaskan» ett slags form för den elektriska kraftens uppsamling i förråd. Men denna form är alldeles oanvändbar för tekniska ändamål, ty den elektricitetsmängd, som laddflaskan förmår upptaga, är för sådana ändamål alldeles för liten, och dessutom »håller den sig icke i flaskan», för att begagna ett populärt uttryck.

Lyckligtvis äga vi emellertid numera äfven andra utvägar att vinna ändamålet, och dessa hafva särskildt på senaste tid blifvit upparbetade till åtminstone en viss grad af teknisk användbarhet. Det är emellertid därvid icke fråga om att i egentlig mening samla och i förråd förvara elektrisk energi såsom sådan. Man måste nöja sig med att genom den elektriska strömmens kraft åstadkomma vissa kemiska sönderdelningar eller sammansättningar, d. v. s. omsätta elektrisk energi till kemisk sådan, förvara denna senare uti de frambragta kemiska produkterna och vid behof låta dessa återgifva den gömda kraften i dess ursprungliga form såsom elektrisk ström.

Ackumulatorernas utveckling. Redan kort efter det Volta uppfunnit sin galvaniska stapel, upptäckte Gautherot, 1801, att två elektroder, som neddoppas i syrsatt vatten och förenas med en Volta-stapel, kunna afgifva en kortvarig elektrisk ström, om de åter skiljas från stapeln men bringas i förening med hvarandra. Sedermera utröntes, att den positiva polen af detta s. k. *sekundära element* alltid uppkom vid den elektrod, som varit förenad med stapelns motsvarande pol. Ritter var emellertid den förste, som verkligen utförde en på denna upptäckt grundad apparat, år 1802. Han staplade ett antal kopparskifvor på hvarandra, med mellanlägg af klädesbitar, fuktade i någon saltlösning, lät strömmen från en vanlig Volta-stapel under någon tid genomgå skifvorna men afbröt den sedan och förenade de yttersta skifvorna medelst en ledningstråd. Däri uppkom då en kortvarig ström af motsatt riktning mot den förra men i afseende på sina verkningar alldeles likartad därmed.

År 1826 påvisade Nobili, att man med elektrisk ström kunde på en blyplatta åstadkomma en beläggning af blysuperoxid, som är en mycket syrerik kemisk förening. Elfva år senare fann Schönbein, att sådana blyplattor kunde med fördel begagnas som strömkällor.

Man visste således nu, år 1837, att den elektriska strömmen förmådde på sådant sätt inverka på metallskifvor, att dessa därefter voro i stånd att, förenade genom en ledning, afgifva en kortvarig ström, men man hade ännu icke fått ögat öppet för denna företeelses egentliga innebörd: den elektriska energiens magasinering i förråd. Så mycket hade man likväl varseblifvit, att den sammanhängde med »polarisationen» (jfr sid. 15) och dennas orsak, vattnets sönderdelning i syre och väte samt dessa gasers ansamling vid elektroderna. Denna förklaring hade visserligen redan år 1805 gifvits af Volta själf men icke vunnit allmänt erkännande, och man kämpade ännu fyrtio år senare härom, ehuru Grove genom konstruktionen af sitt gaselement år 1839 lämnat ett praktiskt bevis på förklaringens riktighet. Groves gaselement kan i själfva verket anses som den första »ackumulatorn», ehuruväl de apparater, som nu betecknas med detta namn, äro väsentligt annorlunda sammansatta.

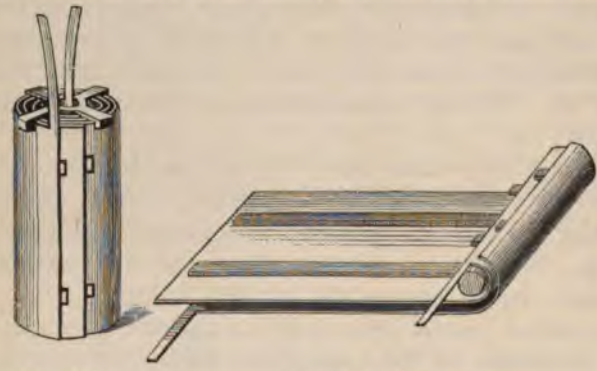


Fig. 122. Plantés ackumulator.

Fig. 123.

Inom våra dagars ackumulatorer samlas nämligen icke något förråd af syre och väte, utan de frigjorda gaserna begagnas att åstadkomma kemiska föreningar af elektriskt olika art vid den positiva och den negativa elektroden, och därför inbördes verkande på hvarandra på samma sätt som elektroderna i ett galvaniskt element. Redan Grove hade ju funnit, att metallplattor, belagda med vissa metalloxider, verkade bättre än blanka platinaskifvor. Wheatstone och Siemens använde till sådan beläggning blyoxid, och därmed hade man närmat sig uppfinningen af de nutida *blyackumulatorerna*, hvilkas egentliga upphofsman dock är fransmannen Gaston Planté. Denne framstående fysiker föranleddes af Jacobi att närmare studera de »sekundära elementen», i ändamål att göra dem användbara inom telegrafien. Han fann därvid (1859), att bly var den metall, som bäst ägnade sig för sådana element, och ersatte därför det Groveska elementets platinaelektroder med sådana af bly, hvarigenom apparaten betydligt förbättrades. Därpå konstruerade han sekundärelement af blyplattor på följande sätt. Två lika stora, tunna blyplåtar lades på hvarandra, åtskilda genom tjocka klädesremsor eller kautschukband, och hoprullades öfver en träkafle till en cylindrisk spiral (fig. 122), som nedsattes uti en burk, innehållande svafvelsyra, utspädd med 10 gånger sin volym vatten. Från ena änden af hvarje blyplatta utgick en smal remsa, afsedd till polskifva (fig. 123), och därvid fast-

skrufvades ledningstrådarna till ett batteri, bestående af några Bunsen-element. Efter någon tid afkopplades ledningen, och blyskifvorna kunde nu afgifva en tämligen stark ström under en viss tid samt, därest de icke omedelbarligen urladdades, för ganska lång tid kvarhålla sin elektriska laddning.

Förloppet vid laddning och urladdning är enligt Plantés åsikt följande. Vid strömmens genomgång sönderdelas vätskan, så att å den positiva blyskifvan samlas ett lager af syrgas, som anfräter blyet och bildar en beläggning af blysuperoxid, hvilket färgar ytan brun. Vid den negativa elektroden utvecklas vätgas, hvilken först och främst reducerar där möjligen befintlig blyoxid till metalliskt bly men därefter delvis förblir i små blåsor kvarsittande på blyskifvan, delvis bubblar upp genom vätskan. Laddningen är fullbordad, när äfven syrgasblåsor börja bortgå från den positiva elektroden; då afbrytes förbindelsen med batteriet. Sekundärelementet innehåller nu, liksom ett galvaniskt element, två elektriskt olikartade metallelektroder, blysuperoxid och rent bly, omgifna af en utspädd syra. Förenas nu dess båda poler genom en yttre ledning, så börjar i dess inre den kemiska frändskapen mellan vätskans genom den föregående elektriska strömmen åtskilda beståndsdelar att åter göra sig gällande. Den positiva plattans syre förenar sig med den vid den negativa plattan häftande fria vätgasen men fortsätter, sedan denna är förtärd, att angripa den rena blyytan, ända till dess båda plattorna bekommit en nästan likartad oxidbeläggning. Den nu åter frigjorda kemiska energien uppträder vid detta återföreningsarbete som elektromotorisk kraft, och denna kan vid ett sådant element till en början uppgå ända till 2,4 volt men aftager under urladdningens fortgång.

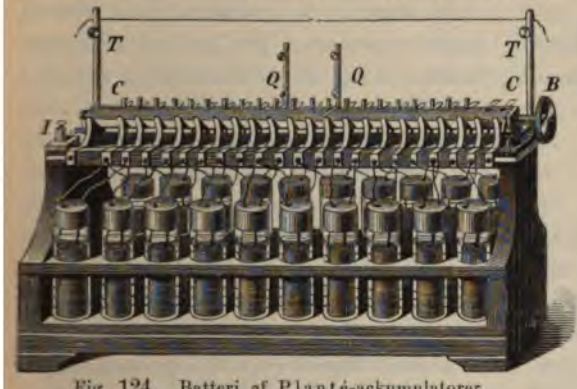


Fig. 124. Batteri af Planté-ackumulatorer.

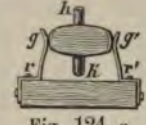


Fig. 124 *a*.

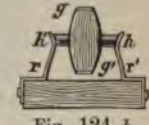


Fig. 124 *b*.

Dennas hastighet beror af motståndet i slutningsledningen; är detta stort, sker urladdningen långsamt, är det mindre, sker den hastigare. Hela den elektricitetsmängd som urladdas kan tydligtvis på sin höjd vara lika stor med den, som elementet under laddningen mottagit. Denna kan på visst sätt mätas genom mängden af den bildade blysuperoxiden, ty denna beror af strömstyrkan och tiden för dennas verkan. Å andra sidan är uppenbarligen den största mängd blysuperoxid alstrad, när den positiva blyplattan fullständigt blifvit därtill förvandlad. Den laddning, som då uppnåtts, kallas elementets eller ackumulatorns *kapacitet*, och den beror följaktligen på blyets massa, således på elementets vikt.

Flera sådana Planté-element laddas bäst på det sätt, att de sammanställas i parallelkoppling, eller bredvid hvarandra, så att alla yttre plattor förenas sinsemellan och likaledes alla inre plattor. Därpå laddas hela raden med ett enda batteri, och därtill kunna två Bunsens element vara nog, endast man låter dem verka tillräckligt länge. Efter slutad laddning omkopplas alla elementen i serie, således efter hvarandra; det sålunda bildade sekundära batteriets elektromotoriska kraft är då lika

med summan af alla elementens och således mycket större än det primära batteriets kraft.

På detta sätt kunde Planté med sina sekundära element åstadkomma högst betydande elektriska kraftyttringar; han konstruerade till och med ett sådant batteri med 800 element. Äfven inrättade han sina batterier så, att han på ett ganska enkelt sätt kunde förvandla strömspänningen från låg till hög (fig. 124). Alla elementens elektroder stå i ledande förbindelse med metallfjädrar, ordnade midt emot hvarandra i två rader, den ena för de positiva, den andra för de negativa plattorna, och anliggande på ömse sidor om en lång, vridbar träcylinder. Denna är på motsatta sidor belagd med långa metallbleck; så länge fjädrarna ligga an mot dessa bleck, äro elementen kopplade bredvid hvarandra, eller, som man också säger, ställda »på kvantitet», d. v. s. strömstyrkan är stor men spänningen ej större än den i ett enda element (jfr sid. 26). Men genom cylinderns omvridning ett fjärdedels hvarf komma fjädrarna i beröring med tvärs igenom densamma gående metallstift (fig. 124 *a*, *b*); elementen blifva då seriekopplade, eller ställda »på potential», d. v. s. spänningen mångdubblas motsvarande elementens antal, medan strömstyrkan förblir densamma som i ett enda element.

Att sammansätta ett riktigt godt Planté-element är emellertid icke fullt så enkelt, som man af det ofvan anförda skulle kunna tro. För att den elektriska strömmen skall blifva någorlunda varaktig fordras, enligt hvad ofvan blifvit antydt i fråga om laddningskapaciteten, att icke endast blyets yta utan allra helst hela dess massa förvandlas till blysuperoxid. Ju mera man närmar sig detta mål, desto mera stegras laddningskapaciteten, och i detta syfte laddade och urladdade Planté sina element många gånger om och med omväxlande strömriktningar under flera månaders tid. Först genom en sådan omständlig och tidsödande »*preparering*» eller beredning af blyplåtarna kunde man fullständigt mätta Planté-elementet med elektricitet, och det visade sig, att elementet förmådde vid användande återgifva ända till 90 procent af hela den upptagna elektricitetsmängden.

Då Planté först framträdde med sitt sekundärelement (1860), var denna uppfinning blott af underordnadt intresse för praktiken. Men sedan dynamomaskinen möjliggjort alstrandet af starka strömmar till billigt pris, vann Plantés uppfinning i betydelse, i synnerhet som den under tiden förbättrats genom den nyss angifna beredningsmetoden. En ytterligare förbättring var att någon tid före laddningen ställa blyplåtarna i utspädd salpetersyra, hvarigenom blymassan uppluckrades och sedermera lättare förvandlades till blysuperoxid. Innan Planté vidtagit denna förenkling af plåtberedningen, hade emellertid hans landsman Faure (1881) på annat sätt väsentligen förbättrat ackumulatortillverkningen, och från denna tid har ackumulatorn, om än i början långsamt och först efter öfvervinnande af många hinder, vunnit en vidsträckt och ständigt tilltagande praktisk användning.

Faures ackumulator. Liksom mången annan ryktbar uppfinnare har Camille Faure till största delen sig själf att tacka för sin tekniska utbildning, ty han måste redan tidigt söka förvärfva sin utkomst genom arbete som ritare och ingeniör. Sedermera anställd som kemist vid ett engelskt krutbruk, bragte han under denna tid, bland andra förslag, äfven sina idéer om en förbättrad ackumulatorkonstruktion till mognad, i synnerhet efter återkomsten från Paris-utställningen 1878. Hans sträfvan gick ut på att väsentligen förkorta beredningsarbetet. För detta ändamål

beläggas blyskifvorna med en tjock deg af mönja, hvilket färgämne, som bekant, utgör en blandning af blysuperoxid och blyoxid. Man har sålunda vid laddningen redan från början en oxidbeläggning på båda elektroderna, och hela massans porösa beskaffenhet gör, att de frigjorda gaserna i större mängder upptagas däraf och således lättare och kraftigare kunna utföra sitt arbete. Detta består vid laddningen i hela den positiva mönjebeläggningens förvandling till blysuperoxid och den negativas reducering till blyoxid eller rent bly; vid urladdningen går arbetet i motsatt riktning. Mönjebeläggningen kvarhålles och skyddas genom ett öfverdrag af pergamentpapper och filt.

En form af Faures ackumulator visas å fig. 125. En annan form förekom å elektricitetsutställningen i Paris (1881), där ett stort antal sådana apparater för första gången var i verksamhet, hvardera bestående af en invändigt blyfodrad trälåda, innehållande ett antal mönjebelagda blyskifvor, ställda på kant parallelt och tätt intill hvarandra uti ett bad af svafvelsyrehaltigt vatten, med positiva och negativa elektroder växelvis.

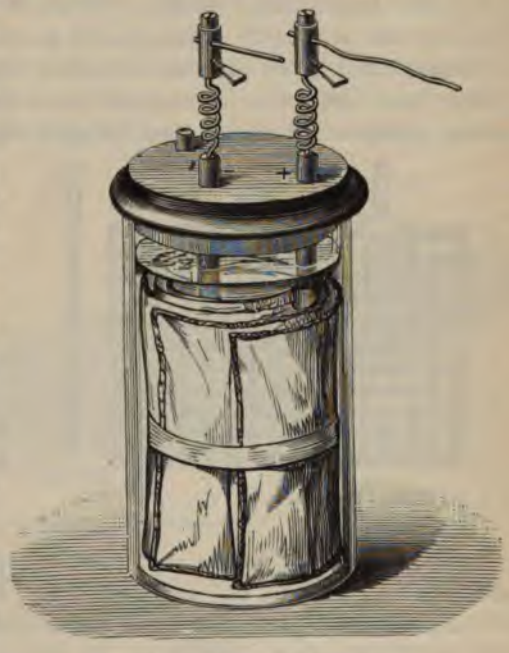


Fig. 125. Faures ackumulator.

Dessa ackumulatorer ådrogo sig snart en allmän uppmärksamhet, i synnerhet därför, att de kunde laddas på jämförelsevis kort tid — omkring 150 timmar — samt i förhållande till sin vikt och volym magasinera en högst betydlig mängd elektricitet. En ackumulator af sistnämnda slag, med en vikt af 8 kilo bly och 11 kilo mönja, utvecklade en elektromotorisk kraft af ända till 2,25 volt; fyra dylika ackumulatorer voro nog att medelst en liten elektromotor drifva en symaskin under en hel veckas tid, och ett batteri af 44 ackumulatorer gaf, efter blott 10 timmars laddning, en ström om 29 ampère, tillräcklig att under flera timmar hålla tjugu glödlampor klart lysande. Stort uppseende väckte det, då en till England öfversänd, laddad ackumulator där vid urladdning afgaf nästan hela den magasinerade elektricitetsmängden, ehuru dess transporttid blifvit ej obetydligt förlängd, då de engelska tullmyndigheterna, misstänkande att den lilla lådan innehöll en helvetesmaskin, till en början vägrade att utlämna den.

Till följd af allt detta gjorde man sig i begynnelsen de allra största förhoppningar angående uppfinningens framtid, och fantasien kände snart knappast några gränser för hvad allt den skulle kunna uträtta. Men ehuru förmånligt utvecklad, hade den nya telningen i de elektrotekniska apparaternas familj ännu icke trampat ut barnskorna och förmådde därför icke motsvara de öfverspända förväntningarna. Mot midten af 1880-talet var därför stämningen inom fackvärlden icke mycket gynnsam för ackumulatorerna, och det var först mot slutet af årtiondet, som dessa apparater lyckades återvinna förtroende hos praktikens män, tack vare i främsta rummet

de ihärdiga och kostbara arbeten, genom hvilka det engelska bolaget »*Electrical Power Storage Co*», som år 1882 inköpt Faures patent, slutligen bragte ackumulatorkonstruktionen till en mera fulländad och pålitligt verksam form.

"Electrical Power Storage"-ackumulatorn är egentligen en produkt af de tre mäns samfälda arbete, efter hvilka den ofta benämnes: Faure-Sellon-Volckmars ackumulator. Volckmar, en tysk bankir, vidtog jämte Sellon den viktiga förbättringen af Faures apparat att ersätta de massiva blyplåtarna med gjutna eller pressade galler, i hvilkas rutor mönjemassan inpressas och sålunda får mycket bättre fäste (fig. 126, 127). Därigenom vanns ock en innerligare elektrisk förbindelse mellan denna »aktiva massa» och elektrodmetallen, och slutligen kunde man undvara filtbeläggningen, således något minska det inre motståndet i elementet.

Den numera mest använda formen af »E. P. S.»-ackumulatorn visar fig. 128. Plåtarna stå tätt intill hvarandra, en positiv mellan två negativa, så att antalet af de senare alltid är ett mera än de förra. De äro väl isolerade genom små celluloidgafflar, som hålla dem på noggrant lika afstånd. Liknämnda plåtar förenas upptill genom blyremsor, så att hvardera gruppen kan på en gång upptagas ur glaskärlet.

Fig. 126. Blygaller till Faure-Sellon-Volckmars ackumulator.

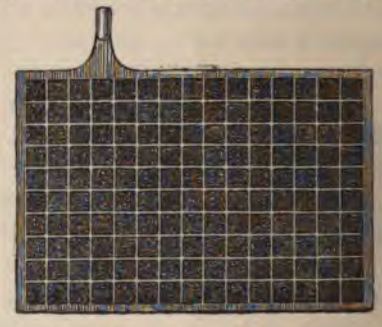


Fig. 127. Färdig gallerplåt till Faure-Sellon-Volckmars ackumulator.

Denna typ är afsedd för fasta belysningsanläggningar och förekommer i tre storlekar från 130 till 660 ampère-timmar. För belysningscentraler tillverkas sådana ackumulatorer med ända till 2,600 ampère-timmars kapacitet. Dessutom tillverkas en typ för belysning af bantåg, en för spårvagnar och en för medicinska ändamål. Samtliga »E. P. S.»-ackumulatorer ha funnit en mycket vidsträckt användning inom praktiken, kanske mer än någon annan ackumulatorkonstruktion.

Andra ackumulatorer. Då antalet olika ackumulatortyper redan stigit till nära ett hundratal, skulle det vida öfverskrida gränserna för denna framställning, om vi ville försöka att lämna en, om ock blott något så när fullständig beskrifning på de olika konstruktionerna. Här liksom i fråga om dynamomaskinerna måste vi inskränka oss till att omtala de mest karakteristiska och använda typerna samt därvid söka belysa hufvudgrunderna för sådana apparaters konstruktion och verkan. Till hvad därom redan i det föregående är anfördt hafva vi då endast följande att tillägga angående *bly*-ackumulatorerna. Visserligen ha åtskilliga uppfinnare försökt använda äfven andra metaller, såsom koppar, zink etc., för elektricitetens magasinering, dock utan synnerlig framgång. I alla händelser ha sådana ackumulatorer hittills veterligen icke vunnit någon nämnvärd praktisk användning, hvadan vi här icke

kunna vidare sysselsätta oss med dem. Därmed vare dock icke sagdt, att man ej i framtiden möjligen skall kunna åstadkomma ännu bättre ackumulatorer än de nuvarande med blymassa; men hittills har man icke lyckats upptäcka något ämne, som bättre än denna metall ägnar sig för ändamålet. Den är ock därtill synnerligen lämplig både till följd af blyets olöslighet i utspädd svafvelsyra och af dess förmåga att antaga en hög grad af syrsättning.

Faure-Sellon-Volckmars ackumulatorer tillverkas i Frankrike af »Société française d'Accumulateurs», som där vidtagit en anmärkningsvärd, af Sellon föreslagen förbättring i konstruktionen, nämligen att förena två och två plåtar i närställda element, så att de negativa plåtarna i det ena äro hvar för sig förenade med de positiva i det nästa o. s. v. Genom användande af sådana »tvillingplåtar» minskas antalet lödfogar och lättas plåtarnas transport, insättande och urtagning, till förmån för eftersyn eller reparation. Dessa ackumulatorer användas, bland annat, vid flera af Paris' teatrar.

Kapten de Khotinsky, elektriker vid det nederländska bolaget »Elektriciteits Maatschapij», begagnar i dess ackumulatorer plåtar, som å båda sidor hafva T-formiga skenor (fig. 129), i hvilkas ramformiga mellanrum den aktiva massan anses

Fig. 128. »E. P. S.»-ackumulatorn.

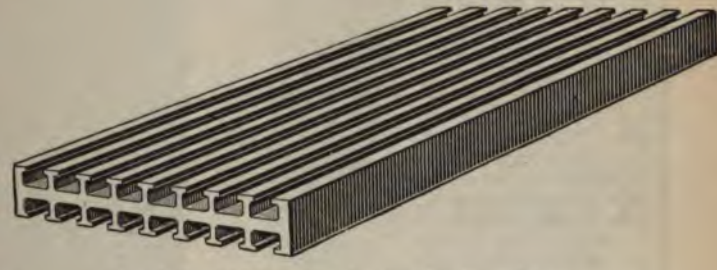


Fig. 129. Blyplåt till Khotinsky-ackumulatorn.

få säkrare fäste än uti »E. P. S.»-bolagets blygaller. De båda ytterplåtarna i hvarje cell ha sådana skenor endast på inre sidan. Plåtarna äro sammansatta af flera stycken till förekommande af ojämnheter i den vid urladdningen alltid uppkommande utvidgningen.

Den tyske ingeniören Correns har uppfunnit en sinnrik gallerkonstruktion i ändamål att ännu bättre fästa och sammanhålla fyllningsmassan (fig. 130). Hvarje plåt sammansättes nämligen af två på hvarandra lagda galler med kvadratiska rutor, förenade på sådant sätt, att det enas gallerstänger korsa hvarandra midt för det andras rutöppningar. Gallermetallen utgöres af en legering af bly med något antimon, som på samma gång gör gallret lättare och därjämte mera motståndskraftigt äfven mot den starkaste elektriska ström. Då gallerkonstruktionen medgifver, att fyllningsmassan hårdt inpressas med maskin och bildar en enda sammanhängande skifva, genomdragen af gallerkorsen såsom af ett nät, är massans delvisa utfallande nästan en omöjlighet. Därtill kommer, att plåten kan upptaga en stor mängd massa, som befinner sig i mycket god ledande beröring med metallen. Correns' gallerplåtar blefvo därför mycket varaktiga och goda. De tillverkas af »Berliner Accumulatoren-Werke», som också ikläder sig garanti för icke mindre än tolf år.

408638

Dessa ackumulatorer äro i synnerhet lämpliga för mindre anläggningar, där blott en kortvarig stark ström erfordras, samt såsom reserv åt dynamomaskinerna å en belysningsstation, äfvensom för elektriska lokomotiv.

Å Stockholms telegrafstation finnes ett Correns' ackumulatorbatteri af nyaste konstruktion, hvars element till det yttre mycket likna de här nedan beskrifna Tudor-elementen. Batteriet är afsedt för en urladdning af 30 ampère men anses kunna lämna ända till 200 ampère för kort tid.

Dessa ackumulatorer tillverkas för 3, 5, 6, 10 timmars urladdning hvardera med 26 olika typer och en kapacitet, vid längsta urladdningstiden, från 50 till 1,850 »ampère-timmar», d. v. s. en elektricitetsmängd af 5—185 ampère tillräcklig för 10 timmar.

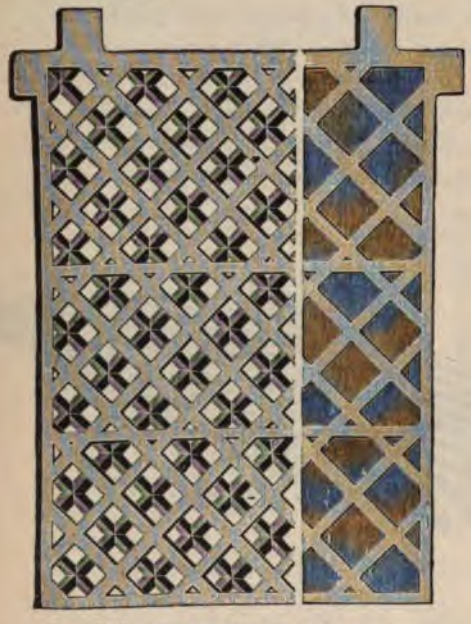


Fig. 130. Correns' ackumulatorgaller; högra delen fylld.

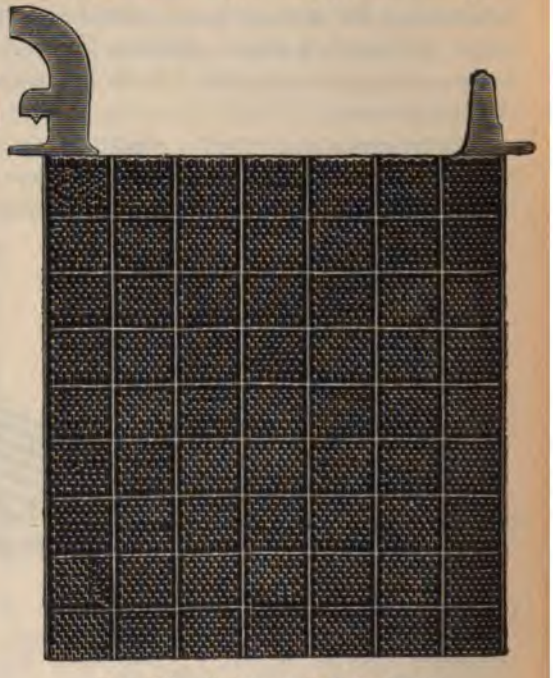


Fig. 131. Blykärna till Pollak-plåt.

Pollaks ackumulatorer tillverkas af en fabrik i Frankfurt a/M. De hafva massiva blyplåtar, å båda sidor försedda med en mängd starkt framspringande, små klackar för den aktiva massans fasthållande. Denna utgöres af ett slags blysvamp, hvadan den färdiga elektroden sålunda består af metalliskt bly helt igenom med en inre fast kärna, småningom öfvergående till ett yttre poröst lager. En sådan platta afbildas å fig. 131, medan fig. 132 framställer två färdiga Pollak-element förenade till ett ackumulatorbatteri. Hvarje elements liknämnda elektroder äro förenade medelst en blyskena, men denna förbinder tillika det enas positiva med det andras negativa plåtar, hvadan båda elementen äro sammanställda i serie.

Tudors ackumulator. Det af bröderna Tudor i Luxemburg uppfunna ackumulatorsystemet har under de senaste åren vunnit en mycket vidsträckt användning, förnämligast i Tyskland, samt i hög grad bidragit till det ökade förtroende, som numera af både fackmän och allmänhet ägnas åt dylika apparater. Tudor-ackumulatorerna tillverkas sedan 1890 af bolaget »Ackumulatorenfabrik in Hagen» (Westfalen)

och användas i stor omfattning af den bekanta firman Siemens & Halske i Berlin vid dess elektriska anläggningar.

Plåtarnas beredning utgör en kombination af Plantés och Faures förfaringssätt, i ändamål att vinna samma goda beskaffenhet och varaktighet, som utmärka Planté-ackumulatorerna, men förkorta den långa och omständliga beredningstiden, hvarigenom dessa ackumulatorer blifva alltför dyra för industrien. Tillverkningen börjar med en beredning enligt Plantés metod, under vid pass $2^1/_2$ månaders tid, hvarigenom plåten erhåller ett med metallen fast förenadt öfverdrag af blysuperoxid. Den belägges nu med ett mönjelager och utsättes å nyo, under c:a 14 dagars tid, för

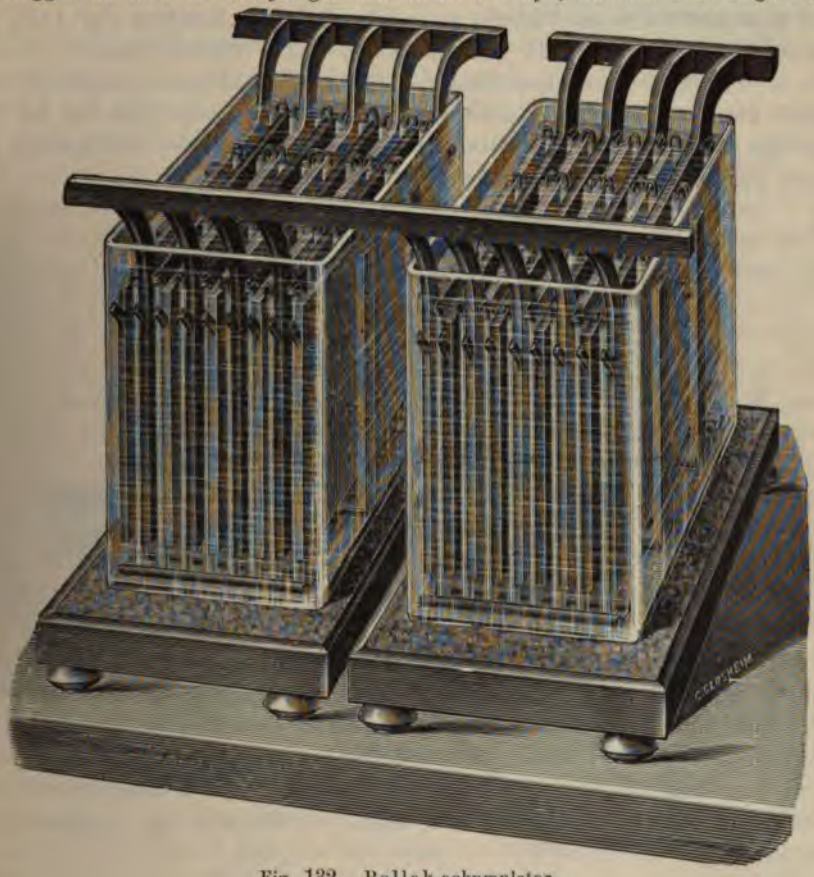


Fig. 132. Pollak-ackumulator.

den elektriska strömmens inverkan för att helt och hållet förvandla mönjan till blysuperoxid, hvilken naturligtvis då äfven fullkomligt förenar sig med den förutvarande superoxidbeläggningen, så att hela plåten allt igenom bildar en enda, kemiskt och mekaniskt fast förenad massa. En sådan beredning kräfver alltså vid pass ett fjärdedels år. Men plåtarna »garanteras» också äga en varaktighet af tio år.

De positiva plåtarna äro gjutna och å båda sidor försedda med djupa, horisontala refflor för mönjemassans bättre fasthållande. De negativa plåtarna äro däremot gallerformiga, blott hälften så tjocka som de positiva, och behöfva ingen »beredning», emedan denna i tillräcklig grad vinnes, då ackumulatorn första gången laddas, hvartill beräknas åtgå en tid af 30—40 timmar.

De färdiga plåtarna sändas till bestämmelseorten, inpackade hvar för sig, de positiva laddade, emedan de eljest skulle, vid neddoppningen i ackumulatorns svafvelsyrebad, genast erhålla en beläggning af blysulfat, till men för deras verksamhet. På ort och ställe sammansättas ackumulatorerna på följande sätt. Hvarje »cell» utgöres af ett glaskärl, å bottnen försedt med trälister vid två motsatta sidor. I dessas falsar stå två glasskifvor, å hvilkas öfre kanter plåtarna hängas, hvilande därå med utspringande näbbar och åtskilda genom tre vertikalt ställda glasrör om 10—14 mm. diameter. De ordnas som vanligt med positiva och negativa växelvis, i hvardera gruppen inbördes förenade genom blyskenor, äfvensom elementen med hvarandra, så att det enas positiva skena hoplödes med det vidstående negativa (fig. 133).

Elementen tillverkas i 35 olika storlekar, från 7 till 330 ampère. Verkningsgraden är mycket stor, nämligen ända till 92,6 procent af den mottagna elektricitetsmängden, hvaremot laddningskapaciteten är ganska liten, endast omkring 3,5 ampèretimmar per kilogram plåtvikt. Denna ackumulator blir således jämförelsevis mycket tung och passar därför endast för fasta anläggningar.

Fig. 133. Tudor-ackumulator.

Ackumulatorerna böra ställas i ett särskildt, väl slutet rum, ty de under deras arbete utvecklade syrliga ångorna äro både obehagliga och hälsoskadliga, ja kunna till och med blifva explosiva. Man måste därför sörja för god luftväxling i ackumulatorrummet. Cellerna ställas, med underlag af trälister beströdda med glaspulver eller af porslinsskifvor, antingen på en murbänk eller i flera rader öfver hvarandra på en starkt hopsatt träställning och alltid så, att man kan från sidan se in i hvarje cell.

Bland öfriga ackumulatorkonstruktioner må här endast i största korthet omnämnas följande.

Fabrikanterna Farbaky och Schenek i Chemnitz tillverka en modifikation af Faures ackumulator med gjutna gallerplåtar, hvaraf de negativa äro fyllda med en blandning af blyglete och krossad pimsten, för att öka porositeten, och de positiva med en blandning af blyglete, mönja och krossad koks, hvilken senare tillsats ökar ledningsförmågan. Dessa ackumulatorer ha visat sig äga mycket stor magasineringskapacitet och varaktighet.

I Regnier-Siemens' ackumulatorer användas veckade blyblad, beredda enligt Plantés metod, eller släta, förkopprade blyblad, allesammans nedhängande från ett gemensamt lock uti vätskan, som uti några typer utgöres af zinksulfatlösning. Enligt

ett senare förfaringssätt bildas elektroderna af en massa blytrådar, hoppressade till en plåt, omsluten af en fast blyram. Beredningen af sådana plåtar uppgifves ske jämförelsevis hastigt, laddnings- och ledningsförmågan vara betydliga.

I Juliens ackumulatorer äro elektrodgallren gjutna utaf en legering af bly med en ringa tillsats af antimon och kvicksilfver, hvarigenom de blifva hårdare och mera hållbara. Laddningskapaciteten blir äfven stor i förhållande till vikten och kan uppgå till något mer än 11 ampère-timmar pr kg. plåtvikt. Då verkningsförmågan därjämte visat sig uppgå till nära 91 %, har denna ackumulator funnit användande vid elektriska spårvägar.

Torrackumulatorer. Liksom i fråga om de galvaniska elementen kan det äfven vid användande af ackumulatorer för vissa ändamål innebära en väsentlig olägenhet, att cellen innehåller en vätska. Till undvikande häraf har man sedan länge sökt åstadkomma s. k. *torrackumulatorer*, genom att förvandla vätskeblandningen eller »elektrolyten», såsom dess kemiska namn lyder, till en geléartad massa.

Enligt ett af Schoop angifvet förfaringssätt kokas först asbestpapp i svafvelsyra till en tjock gröt af asbestfibrer, massan uppblandas med utspädd svafvelsyra och därefter med en viss mängd vattenglas. Den håller sig till en början flytande och hälles i sådant tillstånd uti cellerna. Efter vid pass 24 timmar har den stelnat och bildar då ett elastiskt gelé, som tätt kringsluter plåtarna men likväl obehindradt medgifver de uppkommande gasblåsornas bortgång. Visserligen ha sådana torrackumulatorer omkring dubbelt så stort inre motstånd som de med flytande elektrolyt, men denna lilla ökning spelar ingen roll i jämförelse med de stora fördelar, som genom dem kunna vinnas. Uppenbart är nämligen, att det först i sådant skick kan blifva fullt praktiskt lämpligt att använda ackumulatorer i fordon, å båtar o. d.

Till denna art af sekundära elektricitetskällor hör *Oerlikon-ackumulatorn*, hvilken anses särskildt lämplig för belysning af järnvägståg. Ett element innehåller 23 plåtar af 215 kvmm. yta och 12 kgr. sammanlagd vikt. Elektrolyten utgöres af 3 volymdelar svafvelsyra, försatt med 1—3 delar natronsilikat, hvilken blandning hälles i formar och får stå, tills den stelnar, hvarefter den skäres i skifvor, som anbringas mellan plåtarna. Tid efter annan fuktas dessa med vatten. Ett sådant element väger 18 kg., har en kapacitet af 94,4 ampère-timmar och nära 84 procents verkningsgrad.

Sedan några år ha äfven i Sverige gjorts ihärdiga försök att åstadkomma torrackumulatorer af lämplig sammansättning. Sådana tillverkas nu i åtskilliga typer af aktiebolaget *Torrackumulator* i Stockholm. Elektrolyten utgöres af kalilutgelatin, den positiva elektroden af zink och den negativa af grafiterad kopparoxid (silfver- eller blyoxid), hvilken har för ringa sammanhang för att vara användbar i en vätska, men som stödes och fasthålles af gelatinmassan. Sådana kopparoxidackumulatorer äro jämförelsevis billiga och hafva stor laddningskapacitet, nämligen ända till 30 ampère-timmar pr kg. plåtvikt, medan de äldre blyackumulatorerna sällan hafva mer än 5—9 ampère-timmar. Då urladdningen emellertid icke kan ske alltför hastigt, kan denna ackumulator icke med fördel användas för stora kraftbehof men är särdeles lämplig för telefon- och ringledningar, för mindre motorer o. d., i synnerhet som den icke fordrar ständig tillsyn. Den är därjämte i förhållande till sin kapacitet betydligt lättare än en vanlig blyackumulator.

För större kraftanläggningar användes silfveroxid i st. f. kopparoxiden. Den gör visserligen hela apparaten betydligt dyrare, men detta är just vid sådana an-

läggningar vanligen af mindre betydelse, gent emot fördelen att erhålla en elektricitetskälla, hvilken, såsom silfveroxidackumulatorn, har högre spänning och kan lämna starkare ström än något hittills kändt sekundärelement. Dessutom kan anmärkas, att silfret ej förstöres utan alltid bibehåller sitt värde.

Fig. 134 visar i genomskärning en torrackumulator, afsedd för ringledning, telefon eller telegraf; *e* är en zinkburk, försedd med ett yttre omhölje af papp e. d., samt inneslutande kalilutgelatinet *f*, hvari är nedsatt en kanfaspåse *g*, innehållande grafiterad kopparoxid *h*, och i dess midt en kopparstång *i*. Det hela täckes af ett hygroskopiskt lager *c*, och ett isolerande lock *b*, försedt med ett litet afloppsrör för de vid laddning och urladdning uppkommande gaserna. *k* och *z* äro ackumulatorns båda polskrufvar.

Ackumulatorers verkningssätt, laddning och urladdning m. m.

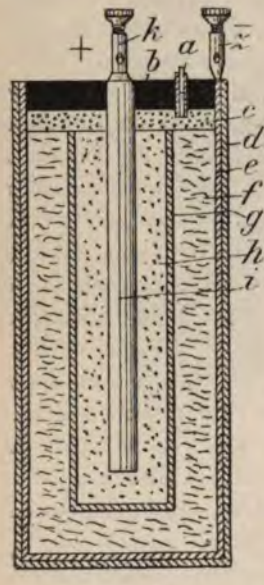


Fig. 134.
Svensk torrackumulator

Hvad angår förloppet af de kemiska verkningarna uti en ackumulator, ha vi redan i det föregående antydt, att detta visserligen icke är fullt så enkelt, som det vid beskrifningen af Planté-ackumulatorn angafs, utan i sin helhet af en mera invecklad natur. Flerfaldiga undersökningar äro anställda till närmare utrönande häraf, utan att man likväl ännu lärer kunna anses ha kommit fullt på det klara därmed. Vi skola därför icke inlåta oss på ett återgifvande af dessa olika vetenskapliga utredningar utan till det redan anförda endast i korthet lägga följande.

Rätt snart lade man märke till att elektrolytvätskans egentliga vikt småningom ökades under laddningen men minskades vid urladdningen. Detta lät sig endast förklara därigenom, att vid urladdningen en del svafvelsyra förenade sig med blyoxiden till svafvelsyrad blyoxid — blysulfat —, som bildade en beläggning å båda elektroderna, hvaremot detta salt vid laddningen å nyo upplöstes, dess svafvelsyra återgick i vätskan och med sin vikt ökade dennas tyngd. Denna viktförändring, huru den än må uppkomma, erbjöd emellertid ett godt medel att kontrollera laddningens eller urladdningens fortskridande medelst det instrument, som benämnes *areometer* eller sänkvåg, och hvarmed vätskeblandningars egentliga vikt vanligen undersökes. Man har äfven konstruerat sådana mätningsinstrument med självverkande visare, som på en graderad skala direkt angifver laddnings- eller urladdningsmängden.

Den använda svafvelsyreblandningen har något olika vikt för olika ackumulatortyper, från 1,21—1,18 till lägst 1,13. När vätskans täthet vid laddningen icke längre ökas och de positiva plåtarna blifvit mörkbruna, kan strömmen icke längre förrätta något kemiskt arbete vid elektroderna utan börjar att, därest den får verka ännu längre, sönderdela vätskan i vätgas och syrgas; den börjar »koka», som det heter, till följd af den starka gasbildningen, samt antaga en mjölkliknande färg. Detta är ett tecken, att laddningen bör afbrytas; strömmens vidare arbete vore för tillfället gagnlöst, att icke säga skadligt.

Men äfven urladdningen bör icke drifvas utöfver en viss gräns, emedan blysulfatbeläggningen eljest blifver för stark och elementets kraft därigenom betydligt

försvagad. Ett sådant sulfatskikt vill dessutom gärna fjälla af sig, de nedfallande fjällen förorena vätskan och kunna dessutom mellan plåtarna bilda bryggor för obehörig beröring, således för kortslutning och strömförlust.

Till ackumulatorns laddning måste tydligtvis användas en ström med större spänning än ackumulatorns egen inneboende elektromotoriska kraft, ty eljest skulle denna senare motverka den förra, så att alls ingen ström komme in i ackumulatorn; dennas laddning sker endast genom strömkällans *öfverskott* af elektromotorisk kraft. Då emellertid ackumulatorkraften stiger i mån af laddningen, blir det nödvändigt att i samma mån höja laddningskällans elektromotoriska kraft, därest denna arbetar med konstant strömstyrka.

En ackumulators elektromotoriska kraft stiger under laddning från 2 till 2,4 volt, vid fortsatt laddning till och med ända till 2,7 volt. Denna höga spänning kan likväl vanligen icke nås utan afsevärd förlust, och därför går man i praktiken sällan öfver 2,4 volt. Vid urladdningen är spänningen till en början 2 volt men sjunker småningom till 1,85, då urladdningen bör afbrytas för att icke skada ackumulatorerna. För att vid längre verksamhetstid hålla spänningen inom ett ackumulatorbatteri vid normal höjd måste man därför äga något medel att reglera densamma. Hvarje batteri erhåller därför ett visst antal regleringsceller, hvilka småningom tillkopplas, den ena efter den andra, i mån som begynnelsespänningen sjunker. Vill man exempelvis från ett sådant batteri hafva en ström af 100 volt normalspänning, fordras därtill $\frac{100}{1,85} = 54$ ackumulatorer kopplade i serie. Men så länge begynnelsespänningen, 2 volt, ännu räcker, behöfva endast $\frac{100}{2} = 50$ af dessa celler arbeta; de öfriga 4 bilda reserven. Deras tillkoppling verkställes medelst en s. k. *cellregulator*, bestående af en rörlig kontaktarm, i förbindelse med yttre ledningen och hvilken kan bringas i förening med hvilken som helst af regleringscellerna.

I det föregående är omtaladt, att ett ackumulatorbatteris laddning kräfver en jämförelsevis lång tid. Man skulle nu måhände tycka, att denna borde kunna förkortas genom att betydligt öka laddningsströmmens spänning och därmed dess styrka. Att därvid gå utöfver en viss gräns vore emellertid snarare skadligt än gagneligt, emedan alltför starka strömmar framtvinga bildandet af skadliga kemiska föreningar och förlopp i batteriet. Detsamma gäller om urladdningen; äfven här bör man icke öfverskrida ett visst maximum, hvilket vanligen anses vara omkring 1 ampère för hvarje kvdm. af den positiva plåtytan i en cell, och denna ström kan icke utan skada för batteriet urladdas alltför hastigt.

De nyare ackumulatorerna, såsom Correns', Tudors m. fl. af liknande plåtsammansättning, kunna i nu nämnda afseenden uthärda mera än de äldre. Sålunda har utrönts, att Tudor-element om 9 plåtar med tillsammans 13,6 kg. vikt och en laddningskapacitet af 3,5 ampère-timmar pr kgr. plåtvikt kunnat tåla vid strömmar af 50 till och med 90 ampère utan minsta skada för plåtarna. Äfven sedan elementen under fyra dagar urladdats ända till 0,2 volt, visade sig vid nästa normala urladdningsförsök ingen väsentlig minskning i verkningsgraden.

För att bevara ackumulatorer i fullgodt stånd föreskrifves vanligen, att de helst böra återladdas hvarje dag. Tudor-element böra icke stå oladdade mer än två dagar, och fullständigt återladdas senast efter två månader, äfven om de icke användts under tiden.

Nämnda inskränkning till ett visst urladdningsmaximum är vid vissa tillfällen en väsentlig olägenhet, exempelvis vid ackumulatorers användning till spårvagnsdrift

å banor med starka stigningar. Förutom vid igångsättningen fordras då å sådana ställen en större kraftansträngning, hvilken, då den ofta återkommer, snart leder till batteriets utmattning. Ackumulatorfabrikanterna sträfva därför att äfven i detta afseende stärka och förbättra konstruktionen.

Då ackumulatorerna hafva bestämda laddnings- och urladdningspoler, och en förväxling af polerna skulle genom strömmens omkastning verka fördärfligt på plåtarna, är det angeläget att alltid kunna med säkerhet öfvertyga sig om polernas läge. Vid själfva batteriet har man härvid en ledning af plåtarnas färg: de positiva äro i allmänhet mörkbruna, de negativa ljusgrå. Polernas läge undersökes bekvämast medelst en bit fuktadt polreaktionspapper, som lägges på en brädlapp. Då poltrådarnas ändar bringas i beröring med remsan, på något afstånd från hvarandra, uppkommer därå en röd fläck vid den *negativa* poltråden. På samma lätta sätt kan man ock bestämma en dynamomaskins poler.

I det föregående är antydt, att man icke kan vid en ackumulators urladdning återbekomma *all* den elektriska energi, som vid laddningen från strömkällan tillflutit densamma. Ackumulatorns drifkraft blir därför alltid relativt dyrare än dynamomaskinens, frånsedt de båda apparaternas anskaffningskostnad. Hur stor förlusten blir genom att låta den förra upptaga och magasinera den senares kraft, beror bland annat af olika apparaters konstruktion samt af deras skötsel och handhafvande. Noggranna försök ha emellertid visat, att man vid ytterst omsorgsfull laddning och urladdning kunnat nedbringa denna förlust till mindre än 10 procent, således erhållit en nyttig verkan af något mer än 90 procent. Men vid vanlig drift kan man tydligtvis icke påräkna samma omsorg och insikt, således icke heller lika gynnsamma resultat. Dock bör man vid riktig behandling och måttlig urladdningsstyrka i allmänhet kunna erhålla ungefär 80 procent nyttig verkan. Med inberäkning af kostnaderna för batteriernas tillsyn och underhåll samt amortering af anläggningskapitalet lärer kunna antagas, att vid lika styrka elektrisk energi ur ackumulatorer kostar ungefär 50 procent mera än direkt från maskin.

Detta oaktadt kan det äfven vid belysningsanläggningar i vissa fall vara fördelaktigt att insätta ett ackumulatorbatteri. Maskineriet kan då drifvas ekonomiskt gynnsammare, emedan det får arbeta med full belastning, äfven om icke samtliga lampor hållas lysande; öfverskottsströmmen går då till ackumulatorernas matning. När lampantalet blir mycket litet, är det billigare att stanna hela maskineriet och då låta den redan alstrade, i förråd samlade öfverskottsströmmen öfvertaga arbetet. Slutligen har man i ackumulatorbatteriet en vid hvarje tid på dygnet alltid tillgänglig reservkraft för mötande af oförutsedda belysningskraf, eller för händelse att maskineriet skulle komma i olag. Det är dessa fördelar, som hufvudsakligen bidragit till ackumulatorernas allmännare användning.

Äfven vid kraftmaskinanläggningar kunna ackumulatorer emellanåt med fördel användas, t. ex. då drifkraften hämtas från ett vattenfall men detta icke är tillräckligt för att åstadkomma den elektriska ström, som erfordras vid största belastning, men större än den behöfliga medeleffekten. Under den tid af dygnet, då ringa eller kanske ingen ström erfordras i ledningarna, låter man då maskinen ladda ett ackumulatorbatteri för att sedan begagna detta batteri tillsammans med maskinen vid de tillfällen, då kraftbehofvet öfverstiger fallets produktionsförmåga.

II. Elektriska ledningar.

Öfverförande af elektrisk energi. — Isolering. — Blanka ledningar. Isolatorer. — Ledningstråden. — Skarfvar. — Stolpar. — Liniebyggnad. — Underjordsledningar. — Öfverklädda ledningar. Öfverklädnadens ändamål och beskaffenhet. — Öfverspunnen tråd. — Guttaperka- och kautschukklädnad. — Blykablar. — Ytterligare skyddsmedel.

En af de mest anmärkningsvärda egenskaperna hos den elektriska strömmen är dess utomordentliga ledningsförmåga. I detta afseende öfverträffar den, i fråga om säkerhet, enkelhet och afstånd, högst betydligt alla andra energiformer. Visserligen kunna äfven dessa öfverföras från en ort till en annan men icke på långt när med bibehållande af lika stor verkningsförmåga eller med så ringa anläggningskostnad som den elektriska strömmen. Den elektriska gnistans snabbhet i tillryggaläggandet af äfven de längsta afstånd är nogsamt känd. Men dessutom hafva elektriska ledningar åtskilliga andra fördelar, hvilka äro af betydelse äfven vid kortare afstånd. Strömmen passerar ledningstråden lika lätt, äfven om denna går i aldrig så många vinklar och bukter, och metalltråden låter oändligt mycket villigare än ett ledningsrör föra sig äfven i de mest slingrande krokvägar.

Trådledningens böjlighet medgifver att göra den apparat, till hvilken strömmen ledes, flyttbar eller rörlig, ja, det är till och med icke alldeles nödvändigt, att strömkretsens alla delar äro *mekaniskt* fast förenade, blott den *elektriska* beröringen är god. En annan värdefull fördel, som står i nära samband med den elektriska kraftens utomordentliga ledningsmöjlighet, är *strömmens delbarhet*. Den ur en centralkälla härflytande kraften kan i ledningsnätet delas och spridas åt flera skilda förbrukningsställen. Detta kan nog äfven i viss mån ske med lysgasen, som ju också kan betraktas såsom ett slags energiform, om man så vill. Men öfverföringen af elektrisk kraft är stadd i sådan utveckling, att inom en snar framtid det område, som från en och samma källa kan förses med lysgas, kommer att befinnas försvinnande litet i jämförelse med de vidder, öfver hvilka man förmår sprida elektrisk kraft. Den tid synes i själfva verket icke vara alltför aflägsen, då länder med riklig tillgång på vattenkraft, såsom Sverige, Norge och Schweiz, skola kunna ur dessa kraftkällor mata ett öfver vidsträckta landsdelar förgrenadt ledningsnät, bringande den elektriska strömmen till användning på otaliga punkter för skilda industriella ändamål. Ingen annan hittills känd energiform kan medgifva en så vidtgående kraftfördelning.

Isolering. Den stora villighet, hvarmed den elektriska strömmen framilar å ledningsvägen, utgör i så måtto en olägenhet, att den mången gång förleder densamma att taga afvägar, som hvarken äro önskvärda eller nyttiga. Sådana otillbörliga afvikelser måste förekommas, och detta är en hufvuduppgift vid anordnandet af elektriska ledningar.

Den elektriska energien kan emellertid på två olika sätt fortplanta sig i rummet, dels genom strålning, dels genom ledning; den förhåller sig i detta afseende likt värmet. Hvad angår det förra sättet, som först för några år sedan upptäcktes af professor Hertz, så skola vi längre fram därtill återkomma, så mycket hellre som denna fortplantningsart på de allra senaste åren genom Teslas uppseendeväckande experimenter och rön vunnit en förut icke anad betydelse. Här ha vi endast att göra med den elektriska strömmens framförande uti *ledningar*. Såsom redan anmärkts och för öfrigt nog kändt är, förhålla sig olika ämnen på olika sätt i fråga om elektricitetens ledning, och man skiljer i detta afseende mellan goda och dåliga ledare eller, som man vanligen brukar säga, *ledare* och *oledare*. Vill man framföra elektriciteten på en bestämd väg, så bygges denna af något ledande ämne och afskiljes å hela sin längd genom oledande ämnen från möjligen omgifvande ledare. Detta afskiljande benämnes *isolering* och de för detta ändamål använda materialierna *isoleringsämnen* eller *isolatorer*. Denna senare benämning betecknar dock äfven, i inskränktare mening, särskilda apparater, som användas i samma syfte.

Ett ganska godt isoleringsämne är luften. Så vida en ledning endast är omgifven af luft, kan den elektriska strömmen icke afvika ur densamma. Men ledningen kan ty värr icke sväfva så där fritt i luften utan måste åtminstone på vissa punkter uppbäras af stöd, och då blir det just fråga om att i dessa stödpunkter åstadkomma en tillfredsställande isolering. Detta är exempelvis fallet vid telegraf- och telefonliniernas luftledningar. Men uti elektromagneternas lindningar ligger tråden utefter hela sin längd i beröring med själfva underlaget och merendels äfven med sig själf. Där är det således icke nog, och icke heller i andra liknande fall, att isolera den å enstaka punkter, utan detta måste ske öfverallt. Vi urskilja därför två olika arter af isolering: den ena medelst särskilda isolatorer, anbragta å vissa stödpunkter, den andra medelst ett isolerande omhölje kring ledningstråden utefter hela dess längd. I öfverensstämmelse härmed kunna ledningarna vara *blanka* eller *öfverklädda*.

Blanka ledningar.

Isolatorer. Till de första telegrafledningarna användes blank koppartråd, hvilande på stolpar. Det visade sig emellertid snart, att, då stolparna blefvo våta, fuktigheten utefter deras sidor bildade lockande afvägar för elektricitetens bortströmmande mellan de olika ledningarna eller till jorden, och detta naturligtvis desto mera, ju längre linierna voro, hvarigenom strömmen betydligt försvagades. Man nödgades därför vid fästpunkterna isolera tråden, och detta skedde till en början på ett mycket primitivt sätt genom underlag af tjärdränkta filtplattor eller fernissade tygbitar eller genom trådens omlindning med fernissade band eller gummiremsor. Då dessa medel befunnos vara af föga gagn, tog man sin tillflykt till korta rör eller »muffar» af glas, porslin eller glaserad lera, som upphängdes vid stolparna och genom hvilkas horisontella hålighet tråden framdrogs.

Emellertid befanns äfven detta sätt föga tillfredsställande, och man kom slutligen till insikt af nödvändigheten att under alla omständigheter skydda en del af isolatorn mot fuktighetens tillträde i ändamål att mellan tråden och bärstolpen åstadkomma en fullt torr, för elektriciteten oledande yta. Detta föranledde anbringandet af

ett litet skyddstak eller huf på själfva isolatorn. En sådan anordning visar fig. 135. Den af stengods tillverkade isolatorn *K* är här fastskrufvad å undersidan af ett tvärstycke *t* och försedd med en liten plåthuf för att hålla foten torr. Men äfven denna konstruktion kunde icke förhindra fuktighetens inträngande, exempelvis vid dagg eller dimma, och den befanns därför icke nöjaktig.

I slutet af fyrtiotalet vidtog man den förändring att sätta hufven *under* den del af isolatorn, som utgjorde fäste för ledningstråden, och därigenom uppkom den isolatorform, som gemenligen kallas *telegrafhatt* och hvilken, mer eller mindre modifierad, fortfarande allmännast användes. En sådan isolator af äldre form visar fig. 136. De tillverkas numera allmännast af porslin men i England äfven af glaseradt lergods och i Amerika af glas.

I Sverige använde man till en början ett slags paraplyliknande guttaperkahattar, hvilka emellertid snart visade sig otjänliga till följd af guttaperkans känslighet för temperaturväxlingar och luftens inflytande, hvarigenom slutligen sprickor uppstodo, som lämnade fuktigheten tillträde till hattens inre. Därefter kommo, omkring år 1856, glashattar i bruk, af mera långsmal form, och dessa visade sig vara goda isolatorer

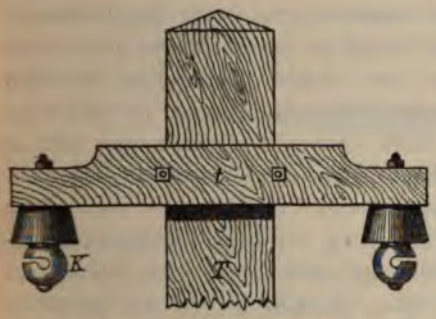


Fig. 135. Clarks isolator.

Fig. 136. Äldre telegrafhatt.

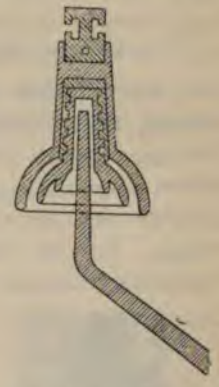


Fig. 137. Svensk telegrafhatt med järnkåpa.

men ledsamt nog för sköra, i synnerhet att, såsom flerstädes blef fallet, tjäna okynnet till måltaflor för stenkastning.

Glashattarna måste därför ersättas med porslinshattar, hvilka till skydd mot nyssnämnda okynne erhöllo en kåpa af järn. Dessa hattar tillverkades i början af oäkta porslin (fajans); men ehuru glaseradt, befanns detta material icke kunna i längden motstå temperaturväxlingarna utan måste slutligen utbytas mot äkta porslin, som mot vatten och fuktighet är lika ogenomträngligt som glas. Därjämte försågs hatten nedtill med en rundtgående, djupt inskärande ränna, fig. 137. En sådan »dubbelkupig» hatt isolerar mycket bättre än en »enkelkupig», emedan den nämnda urhålkningen hindrar fuktighetens uppsugande uti hattens inre, och dess torra yta blir längre, således mera motståndskraftig mot elektricitetens läckning. Hatten var upptill försedd med en järnögla för trådens inläggning. På vissa ställen af ledningen användes »spännhattar», med en inrättning för trådens fastkilande. Numera begagnas i Sverige nästan uteslutande dubbla porslinshattar utan järnkåpa, hvilka fästas vid stolparna medelst galvaniserade järnkrokar, fig. 140. För hattens säkrare fästande å kroken omlindas denna med blånor före påskrufningen. I stället för särskild spännhatt användes numera hos oss vanlig isolator, vid hvilken tråden fasthålles af två »spänn-

hankar», som med sina öglor läggas kring hattens hals åt hvar sitt håll och med klämskifvor omfatta tråden (fig. 138, 139).

Af dessa korta antydningar framgår, att till och med en till utseendet så enkel sak som en telegrafhatt kan få genomgå flerfaldiga utvecklingsformer, innan den förmår tillfredsställa teknikens alla anspråk. Snart sagdt hvarje land och hvarje telegrafverk har sina särskilda modeller, ehuru grundprinciperna äro desamma.

De dubbelkupiga isolatorerna, i allmänhet fullt nöjaktiga för telegrafledningar med deras svaga strömmar, äro det emellertid icke i lika mån vid sådana ledningar,

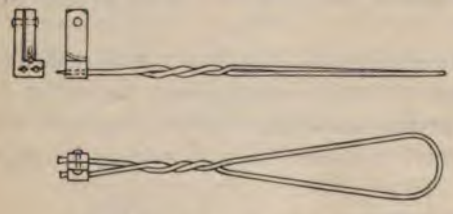


Fig. 138—139. Spännhank.

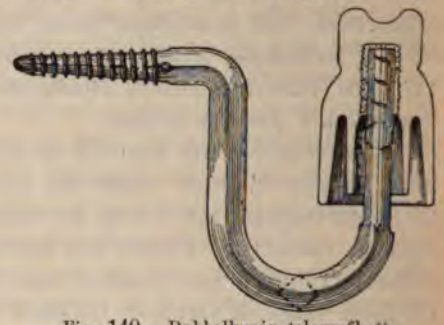


Fig. 140. Dubbelkupig telegrafhatt.

där det är fråga om de betydligt starkare strömmar, som i våra dagar alltmera kommit till användande. Till och med den obetydliga fuktighet, som dock i alla fall kan komma att vidhäfta dubbelhattarnas inre väggar, jämte däråfastnande damm, sotpartiklar, växtfrön o. d. bildar för dessa högspända strömmar en tillräckligt brukbar väg för afledningar, hvilka kunna blifva icke blott störande utan rent af farliga. För att vid sådana ledningar tillintetgöra äfven denna svaga möjlighet till elektriska villovägar har den engelska firman Johnson & Philipps konstruerat s. k. *oljeisolatorer* (fig. 141), där kupans inåtböjda underkant bildar en skålformig urhålkning, som fylles med fotogen eller annan olja. Då oljan själf är ett förträffligt isoleringsämne och icke tillåter ens den allra tunnaste vattenhinna på sin yta, tycker man, att dessa »oljehattar» borde vara fullkomligheten själf. De ha också till fullo motsvarat förväntningarna, så länge spänningarna, om ock höga, ännu förblefvo någorlunda måttliga; men då de uppdrefvos än ytterligare i höjden, förmådde icke ens dessa hattar längre med full säkerhet begränsa den farliga ljungeldsartade kraftens smala stråt. Därför använde man ock vid den berömda kraftöfverföringen från Lauffen till Frankfurt-utställningen för ledningstrådens uppbärande dubbla isolatorer med tvenne oljeringar å inre kupan (fig. 142).

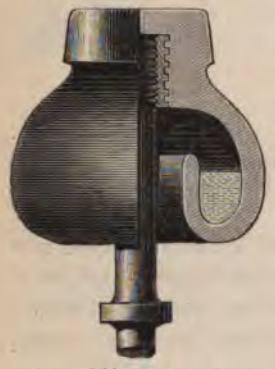


Fig. 141. Oljeisolator.

Fig. 142. Oljeisolator med flera ringar.

Men äfven för telegrafledningar kan det, i särskildt fuktiga klimat, blifva nödvändigt att använda oljeisolatorer. Så har exempelvis skett å svenska statstelegrafens linie mellan Göteborg och Helsingborg; de vid västkusten förekommande hafsvindarna gifva nämligen åt luften en salthaltig fuktighet, som afsätter sig å porslinshattarna och mot hvars afledande förmåga de vanliga isoleringsanordningarna visat sig mindre tillfredsställande.

Ledningstråden. Såsom i det föregående blifvit nämndt, beror trådens groflek först och främst af strömstyrkan och det motstånd, som bör finnas i ledningen. Men då härtill komma vissa mekaniska fordringar i afseende på hållfasthet, varaktighet m. m., blifver spörsmålet angående ledningens beskaffenhet och anordning icke fullt så enkelt, som det vid första påseende synes vara.

För de äldsta telegraflinierna begagnades förzinkad järntråd; men inom kort öfvergick man till koppartråd, som mycket bättre leder elektriciteten och motstår luftens fuktighet. Den befanns emellertid äfven hafva en annan, mindre fördelaktig egenskap, nämligen att utöfva en förlustbringande dragningskraft på mindre nogräknade landsvägsriddare, som ogeneradt »kapade» långa sträckor och således afbröto ledningarna. Koppartråden visade dessutom en besvärlig benägenhet att slakna samt var mer än sex gånger dyrare än järntråd.

Man återgick därför till förzinkad järntråd, och denna användes numera allmännast till telegrafledningar, hos oss oftast med 4—5,1 mm. diameter. Endast i undantagsfall, såsom vid stora spännvidder öfver klyftor, vattendrag o. d., begagnar man därjämte ståltråd. I nyare tid har man i Amerika börjat använda s. k. »compound»-tråd, d. v. s. förkopprad ståltråd, hvilken förenar koppartrådens goda egenskaper med ståltrådens, i det att den medgifver minskad tvärskärning och relativ vikt samt betydligt ökade spännvidder. Denna trådsort har äfven en tid begagnats i Sverige, under benämningen »bimetallisk tråd», men kom snart åter ur bruk, hufvud-

Fig. 143. Trådskarf.

sakligen af det skäl, att kopparbeläggningen var ojämn, så att stålkärnan på sina ställen låg nästan blottad och där mycket snart rostade, hvarvid tråden brast.

Af ännu senare ursprung är s. k. *hård koppartråd* eller *bronstråd*, tillverkad af en legering utaf koppar med fosfor, kisel och krom och företrädesvis använd vid mycket långa telefonledningar, hufvudsakligen af skäl, att sådan tråd vida bättre än järn- och ståltråd fortplantar telefonapparatens strömvågor.

Luftledningar för starka elektriska strömmar byggas mestadels af 5—8 mm. grof koppartråd eller, vid mycket stor strömstyrka, af koppartrådslinor, emedan gröfre tråd är ytterst svårhandterlig. Till servisledningar för båglampor har man likväl i enstaka fall användt järntråd. Såsom vi framdeles skola finna, måste man i vissa fall uti sådana ledningar infoga ett särskildt motståndselement, och då passar det ju bra att där använda den sämre ledande och billigare järntråden.

Sådana starkströmledningar äro i öfrigt icke väsentligt olika vanliga telegrafledningar, hvadan det ofvan sagda äfven kan ha sin tillämplighet å dem. Men till följd af trådens större tyngd och de stora olägenheter, som skulle uppstå genom ledningens afbrytande, måste den byggas med yttersta omsorg och soliditet. Annorlunda blir konstruktionen, om ledningarna skola nedläggas i jorden, och därom skola vi tala längre fram.

Skarfvar. När en ring tagit slut, eller där tråden måste aftagas till följd af flagor eller bräckor, måste den skarfvas och detta på sådant sätt, att skarfven håller och rena metallytor ligga väl intill hvarandra, så att den elektriska ledningen

förblifver oafbruten. För detta ändamål använde man att börja med s. k. *liniemuffar* af mässing eller gjutstål, försedda med två parallela borrhål, hvari trådändarna instuckos och fästes. De befunnos emellertid i längden mindre tillfredsställande, hvadan man numera sammanvrider trådarna, såsom fig. 143 visar, eller ock användes s. k. engelsk skarf med koppartrådbindning och lödning, fig. 144.

Stolparna måste vara tillräckligt höga för att medgifva obehindrad passage äfven under lägsta tråden, utan att denna likväl blir alltför lätt åtkomlig från marken. För bättre tillsyns skull byggas linierna helst utefter lands- eller järnvägar. Afståndet mellan stolparna tages vanligen 50—60 meter, beroende på markens beskaffenhet, liniens krökningar och trådarnas antal.

Stolparna äro vanligast af trä. I länder med så god tillgång på ädlare träslag, att det icke faller sig för dyrt, använder man helst stolpar af sådant material, emedan det är vida varaktigare än de billigare sorterna, tall och gran, hvilka äro de enda, som hos oss kunna komma i fråga. Då sådana stolpar snart angripas af fukt och röta och detta mest just på det ställe, där den mekaniska påkänningen är starkast, nämligen i jordbandet, söker man öka varaktigheten dels genom tjärstrykning, ytkolning eller näfverlindning å denna del, dels genom hela stolpens indränkning med koppar-

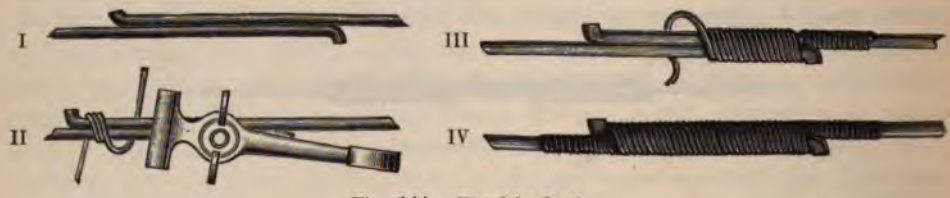


Fig. 144. Engelsk skarf.

eller zinkvitriollösning. Denna inpressas, enligt Boucheries metod, med hydrostatiskt tryck eller tryckpump uti stolparnas rotände, genomtränger alla de fria kanalerna uti deras inre och bortdrifver därur trädets egna växtsafter, som utsippra vid toppänden. Impregneringen är vanligen fullbordad efter några dagar, hvarefter stolparna uppläggas till torkning.

Eller ock användes indränkning med kreosotolja. De förut väl uttorkade stolparna inläggas uti lufttätt slutna järncylindrar, ur hvilka luften utpumpas liksom ock ur virket; vätskan intappas därpå i cylindrarna och drifves genom starkt pumptryck in i virket.

Dessa impregneringsvätskors beståndsdelar ingå med de i träets massa förefintliga hartsartade ämnena olösliga kemiska föreningar, som afsätta sig uti porerna och tilltäppa dem samt i öfrigt tillintetgöra de mikroorganismer, hvilka orsaka rötan. I undantagsfall använder man stolpar af smidt järn, i synnerhet i större städer, där större spännvidder och många trådar föranleda starkare påkänningar eller ock då ett prydligare utseende önskas. Järnstolpen har vanligen en T- eller I-formig tvärskärning, där den icke sammansättes af flera förenade järnstänger. I norra Italien förekommer en linie, som på 50 km. längd uppbäres af pelare af grofkornig marmor.

Liniebyggnad. Sedan stolparna utlagts å sina platser i den med käppar utstakade linien och hålen för deras nedsättande i marken blifvit borrade, företages

resningen, vid större stolpar med tillhjälp af s. k. resgaffel eller »sax». Rotänden nedgräfves vanligen till 1/5 à 1/4 af hela stolplängden, hvilken växlar mellan 7—12 m. Å bergig mark eller i dyjord måste särskilda anordningar vidtagas för stolparnas säkra fästande. Å vissa ställen kunna de behöfva stöttas genom sträfvor eller stag. Hattar och krokar uppsättas i sammanhang med trådens sträckning. För hattarnas anbringande å krokarna inskrufvas dessa senare stundom i något fast föremål, såsom en timmervägg eller dylikt, så att krokändens omlindning och hattens påskrufning kan ske hårdt och jämnt. Sålunda tillredda, inskrufvas krokarna i stolparna, den öfversta först, de följande omväxlande på hvar sin sida och med c:a 30 centimeters inbördes mellanrum.

Tråden utlägges på marken och aflindas från ringarna antingen medelst en särskild »trådvindare» eller ock så, att en man tager trådringen kring kroppen och »dansar» ut den. Sedan tråden blifvit upplagd å samtliga hattarna, från och med nästföregående spännhatt till och med den, hvarå den å nyo skall fästas, verkställes dess spänning medelst talja och block, som fastgöras dels vid en följande stolpe, dels uti en å tråden anbragt spänntång eller »groda», fig. 145, eller ock uti en vanlig spännhank. Tråden fästes i hvar fjärde till hvar tionde stolpe och bildar vanligen vid hvarje spännhatt en liten ögla, så att den kan spännas lösare eller hårdare, om så fordras. Å de öfriga hattarna »fastnajas» ledningen med

Fig. 145. Spänntång.

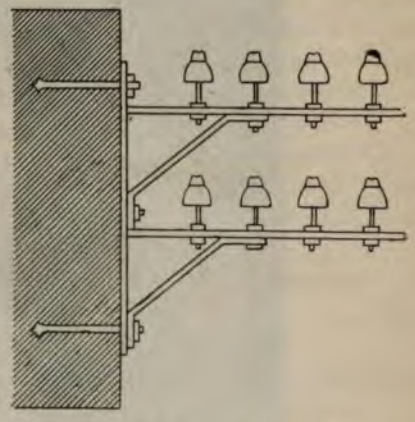


Fig. 146. Murfästen för isolatorer.

finare järntråd, dock ej hårdare än att den vid stark påkänning kan glida i najningen.

Utomlands nyttjar man för trådens sträckning samt för uträtning af bukter i stället för talja med block ett litet vindspel med kätting, hvilket fastspännes kring stolpen.

Såsom kändt är, kan man emellertid aldrig spänna en mellan två punkter horisontellt sträckt tråd ända därhän, att den bildar en fullkomligt rät linie. Alltid uppkommer en viss sänkning, och denna är till och med nödvändig för att medgifva trådens sammandragning vintertiden utan afslitning. Å andra sidan bör sänkningen icke få vara så stor, att, där flera trådar uppbäras af samma stolpar, kontakter kunna uppkomma genom trådens slaknande vid stark sommarhetta. Mycket djupa bukter göra dessutom, att tråden vid stark blåst lätt råkar i våldsam svajning, så att frestningen på stolpar och hattfästen blir betydlig. Man har därför uppgjort särskilda regler och tabeller för bestämmande af sänkningen, d. v. s. graden af trådspänningen, alltefter olika temperatur och stolpafstånd. Sedan tråden blifvit lagom spänd, fastgöres den vid den nästföregående stolphatten, hvarefter arbetet på samma sätt fortsättes å nästa sträcka.

Där ledningarna föras utmed stenmurar eller bergväggar, uppbäras de af järndubbar, -byglar eller -konsoler, på lämpligt sätt fästa i muren eller berget. Fig. 146 visar ett af de många sätt, som härvid kunna användas.

Underjordsledningar. De starka elektriska strömmar, som begagnas för

Fig. 147. Underjordsledning.

belysnings- eller arbetsändamål, äro, såsom i det föregående blifvit antydt, af den farliga beskaffenhet, att man, åtminstone i större städer, i allmänhet icke medgifver de därför erforderliga ledningarnas framdragande i fria luften. De måste således nedläggas i jorden men till följd af dennas fuktighet också väl isoleras. För sådant ändamål kan man visserligen använda »*kablar*», d. v. s. ledningstrådar, försedda med

något slags isolerande omhölje och hvilkas närmare beskaffenhet vi strax skola tala om. Men sådana kablar blifva ibland rätt dyra, och om ett fel någonstädes uppkommer, måste det felaktiga stycket borttagas och ersättas med ett nytt. Detta kan ofta vara förenadt med rätt mycket arbete, oafsedt förlusten af den felaktiga, värdelösa trådsträckan.

Man har därför i senare tider vid åtskilliga anläggningar framdragit underjordsledningarna af blank tråd uti murade kanaler eller trummor, hvari tråden är mera lätt åtkomlig för tillsyn och reparation. Så länge dessa trummor kunna hållas torra, är isoleringen nöjaktig; men det är kanske icke alltid så lätt. Fig. 147 visar en underjordsledning af detta slag, använd å en sträcka af Berlins elektriska belysningsnät samt äfven i Königsberg. Ledningarna ligga i ⊔-formiga trummor, murade enligt Monier-konstruktion i cement och täckta med tegelplattor. Isolatorerna äro dubbelkupiga, uppbäras af järnribbor, liggande med 1 $^1/_2$ m. mellanrum på trummans botten och hafva upptill en djup skåra för inläggande af den kopparstång, som utgör ledningen. Då dessa cementväggar emellertid icke motsvarat förväntningarna, har man sedermera gifvit trummorna tjockare väggar och bättre isolering mot jordfuktigheten utan att likväl ha vunnit fullt tillfredsställande resultat.

En ledsam omständighet vid sådana trumledningar är äfven, där gasledningar också finnas, faran för explosioner. Gasrören äro sällan så täta, att icke en del gas slipper ut och genomtränger närliggande jordlager. Denna läckning kan ibland vara rätt betydlig, i synnerhet om ett gasrör af en eller annan anledning går sönder. Den utsluppna gasen samlar sig småningom i närbelägna håligheter i jordmassan och bildar med därvarande luft en explosiv blandning. Inträngер en sådan gassamling uti en trumledning för elektrisk belysning, så behöfs det endast en tillfällig gnistbildning å något ställe, för att explosion skall äga rum. Sådana ha ock i själfva verket förekommit å flera ställen.

Af denna och andra orsaker föredrages därför i allmänhet för underjordsledningar användandet af kablar. Vi återkomma längre fram till anläggningar af detta slag.

Öfverklädda ledningar.

Öfverklädnadens ändamål och beskaffenhet. Då tråden icke sväfvar fritt i luften, endast understödd å vissa, isolerade punkter, utan på hela sin sträcka är i beröring med underlaget, måste den förses med något säkert isolerande omhölje. Ledningen blir visserligen därigenom dyrare, och detta ganska betydligt ibland; men man har ingen annan utväg att i sådana fall trygga den elektriska strömmens väg.

Detta isolerande omhölje kan åstadkommas på flera olika sätt. Valet dem emellan beror i första hand däraf, huruvida ledningen är utsatt för väta och fuktighet eller ej. Är detta icke händelsen, så kan man vid de vanligen förekommande låga spänningarna om ett par hundra volt nöja sig med ett ganska tunt omhölje bestående af trådlindning eller dylikt. Att isoleringslagret får möjligast ringa tjocklek är af särskild betydelse, exempelvis där det gäller trådens spolning, hvarvid de olika hvarfven naturligtvis måste väl isoleras inbördes. Då det härvid vanligen gäller att inom ett begränsadt utrymme upplägga möjligast stor trådlängd, är det icke utan betydelse, om trådhöljet utgör en, två eller kanske fyra tjugondedelar af tråd-

tjockleken. Att för sådana ändamål åstadkomma en möjligast tunn öfverklädnad, som likväl erbjuder fullt säker isolering, är en uppgift, som ställer icke ringa anspråk på tillverkarens erfarenhet och skicklighet.

Men i de fall, då tråden är utsatt för fuktighet och väta, måste öfverklädnaden tydligtvis äfven vara vattentät. Äfven de finaste sprickor eller hål skulle då kunna bilda afledningskanaler för den elektriska strömmen och, om de förekomma i större mängd, gifva anledning till betydliga förluster samt obehagliga och skadliga sidoverkningar. Huru högt anspråken på vattentätheten behöfva uppdrifvas, beror uppenbarligen på den grad af fuktighet, för hvilken ledningen kan varda utsatt. Det är tydligtvis en annan sak, om en ledning ligger utmed en husvägg, hvarå då och då litet fukt eller regnväta kan förekomma, än om den exempelvis skall framdragas genom ständigt fuktiga jordlager, genom kärrmark eller rent af genom vatten. Skulle vätskan därjämte möjligen kunna mekaniskt eller kemiskt verka till öfverklädnadens förstöring, så bör ju äfven denna fara tagas i betraktande vid bestämmandet af dess sammansättning.

Hvad angår de rent mekaniska orsakerna till skador å trådklädnaden, bör äfven ihågkommas, att sådana kunna förekomma redan vid själfva nedläggningen. Hvarken telegraf- eller belysningskablar handteras därvid med sammetshandskar, och spetsiga stenar, sprängda kanaler eller grofva grusbäddar bilda inga mjuka underlag, hvarå kabeln med säkerhet kan hvila oskadad. Det kan därför blifva nödvändigt att sammansätta omklädnaden af flera olika lager, hvartdera med sin särskilda skyddsuppgift.

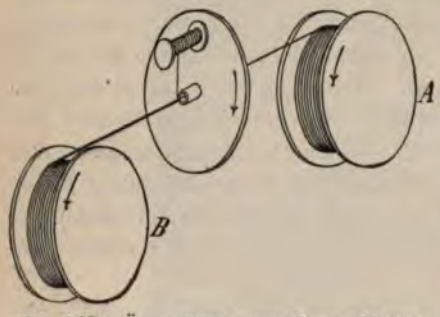


Fig. 148. Öfverspinningsmaskinens allmänna form.

Likaså kan man behöfva mot åverkan skydda till och med vissa delar af en belysningsledning inomhus. Lägges den fritt utmed en vägg, så kan den nog på åtskilliga sätt komma till skada, vore det ock endast genom oförsiktigt handterande af en damborste vid städning eller rengöring. Förstöres isoleringshöljet på ett eller annat ställe, riskerar man lätt en eldsolycka; en sådan elektrisk ström är icke att leka med. Därför måste dessa ledningstrådar väl täckas, och det sker ju bäst på sådant sätt, att man rent af slipper se de i och för sig ju allt annat än prydliga ledningarna.

Af denna korta öfverblick torde läsaren finna, att äfven tillverkningen af en till utseendet så enkel sak som öfverklädd ledningstråd kan taga en ganska utvecklad teknik i anspråk.

Öfverspunnen tråd. Den enklaste isoleringsklädnaden åstadkommes genom att öfverspinna metalltråden med bomulls- eller silkestråd. Detta sker numera nästan öfverallt på det sätt, som schematiskt framställes å fig. 148. Man låter nämligen en spole, hvarå beläggningstråden är upplindad, löpa kring koppartråden, medan denna med lagom afpassad hastighet afvecklas från en trumma *A* och uppvindas på en annan *B*. Spolen sitter på en roterande skifva, genom hvars ihåliga axel koppartråden framgår.

En fullständig maskin för samtidig öfverspinning af åtta trådar afbildas i fig. 149. Den är likvisst något annorlunda inrättad. Öfverst å figuren synas de åtta spolarna, anbragta i rad å en långsmal skifva. De kunna således icke svänga kring koppartråden på nyss antydt sätt, utan denna löper under spolens rotation fram genom själfva spolaxeln, såsom närmare synes vid den yttersta, vänstra spolen. Trådlindningen verkställes utaf en liten, å axeln sittande och således kringsvängande arm. Maskinen är i öfrigt så inrättad, att trådens spänning kan behörigen modereras äfven under maskinens gång.

För koppartrådens omlindning begagnas äfven väfda band, med eller utan vattentät impregnering. Detta är så till vida mera förmånligt, som bandkanterna kunna läggas öfver hvarandra och omklädnaden sålunda blifva tätare än med öfver-

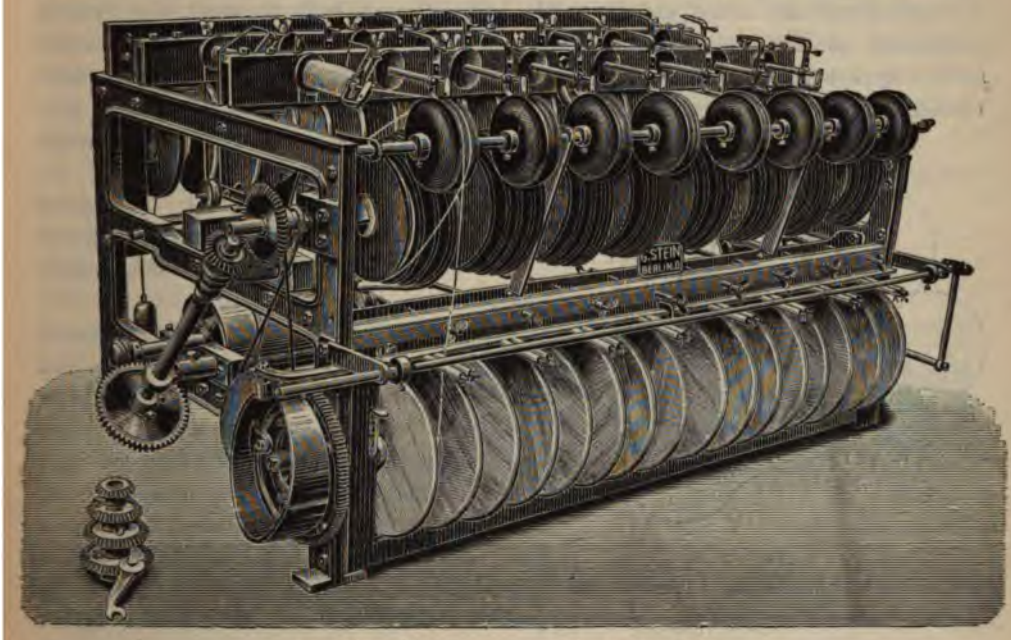


Fig. 149. Öfverspinningsmaskin för åtta trådar.

spunnen tråd. Men bandytan blir mera ojämn, och sådan tråd användes därför endast i de fall, då det icke är fråga om spolar utan om sträckta ledningar.

Men äfven bandklädnaden blir i många fall icke tillfredsställande, ty den har, liksom alla omlindningar, benägenhet att veckla upp sig, så snart den går sönder på ett ställe. Till afhjälpande af denna olägenhet kan man använda *öfverflätning*, d v. s. sammansätta omhöljet af två flertrådiga hvarf, lagda i motsatt riktning och flätade i hvarandra (fig. 150).

Fig. 150. Öfverflätad tråd.

Denna flätning utföres på sätt, som fig. 151 schematiskt framställer. Maskinen måste således utföra två skilda arbetsoperationer, nämligen dels lägga de båda trådhvarfven kring koppartråden åt olika håll, dels fläta trådarna i hvarandra. Detta arbete blir ytterligare invecklad därigenom, att den ena flätningens spolar måste löpa åt motsatt håll mot den andras. För att åstadkomma detta låter man

spolarna löpa kring tråden i sådana banor, att för hvarje gång två spolar gå förbi hvarandra deras trådar slingas om hvarandra. Enligt fig. 151 passera sålunda de med s_1 betecknade spolarna kring tråden o i samma riktning, som visarne gå på en urtafla och i den med fulldragen kroklinie tecknade banan. Den andra gruppens spolar, s_2, gå däremot i motsatt led, såsom den streckade kroklinien och därvid tecknade pilar angifva. Vid mötesställena komma därför trådarna att slingas om hvarandra, och detta så, att en och samma spoltråd växelvis kommer att ligga öfver och under den följande. Att leda spolarna i sådana banor är icke någon svår mekanisk uppgift; det går ganska lätt för sig genom att ställa dem vertikalt på en rund skifva och låta spolskaften löpa uti rännor å denna skifva, formade enligt kroklinierna å fig. 151.

Så länge det endast gäller att fläta silke, bomull, jute, linnetråd o. d., kunna maskinerna göras jämförelsevis nätta och enkla. Men dessa mjuka omhöljen, om än lagda i flera hvarf och väl impregnerade, räcka icke alltid till. De stora underhafskablarna behöfva vida motståndskraftigare klädsel. De omspinnas därför med galvaniserad järntråd och omlindas därutanpå med millimetertjocka järnband samt få sålunda en formlig pansarskjorta. För detta arbete fordras tydligen helt andra spinnmaskiner än de, som kunna förträffligt sköta silkestråd och bomullsband.

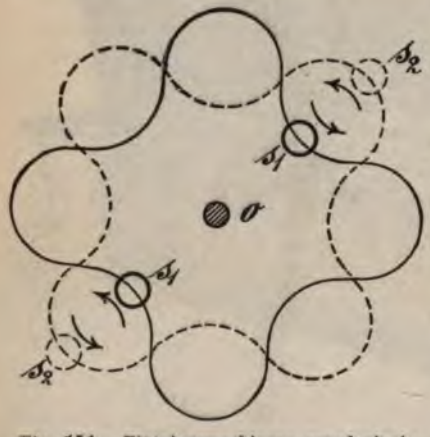


Fig. 151. Flätningsmaskinens grundprincip.

För mycket fin koppartråd användes uteslutande silke till öfverspinning. Man må erinra sig, att elektrotekniken använder sådan tråd af t. o. m. blott $^1/_{20}$ mm. diameter; dess isolering på fullt säkert sätt och med möjligast tunt omhölje vore omöjligt med hvarje annat material än silke. För tjockare tråd, om $^1/_2$ mm. eller mera, använder man bomullsband indränkta med vax, ozokerit, paraffin, asfalt, tjära e. d. Äfven användas gummiband, och beläggningarna sammansättas på många olika sätt. Så t. ex. består isoleringshöljet å s. k. »krontråd», för ledningar till kronor o. d., af gummiband, bomullsöfverspinning samt silkesöfverflätning, och »gummiisolerad koppartråd» (förtent) har en omklädnad, bestående af dubbel bomullsöfverspinning, enkelt gummiband, impregneradt tygband, öfverflätning med bomullsgarn och slutligen »Chatterton compound» (ett tjärhaltigt kitt).

För dynamomaskinernas lindningar fordras synnerligen väl öfverspunnen tråd. Ett fel i omklädnaden kan lätt föranleda kortslutning inom spolen och dennas snara förstöring. Härtill kommer, att trådarna i den roterande induktorn icke alltid kunna läggas så fast och säkert, att icke smärre förskjutningar och gnidningar uppkomma genom den hastiga rörelsen, och hvilka slutligen kunna föranleda omklädnadens sönderskafning på en eller annan punkt. Ett sådant missöde är elektroteknikern lika rädd för, som maskiningeniören är för varmgående lager. Det är därför väl förklarligt, att han ägnar all möjlig omsorg åt allt, som kan bidraga till dess förekommande.

Guttaperka- och kautschukklädnad. De nyss omnämnda isoleringshöljena kunna visserligen vara tillfyllestgörande, så länge fuktigheten icke öfverstiger en viss gräns, men för trådledningar i vatten duga de ej. Där behöfs en fullkomligt vattentät isolering, och därtill begagnas allmännast guttaperka, hvilket ämne vid uppvärmning bildar en mjuk, degartad massa, som kan pressas kring tråden.

Guttaperka är, som bekant, en intorkad växtsaft af trädet Isonandra Gutta, hvars förnämligaste växtort är trakten af Singapore, Borneo och Sumatra. För vid pass 50 år sedan började man importera den till Europa, där den snart vann allmän efterfrågan på grund af sina förträffliga egenskaper och mångsidiga användbarhet. Däraf föranleddes ett snart sagdt formligt utrotningskrig mot det nyttiga trädet; inom $3^1/_2$ år fälldes ej mindre än 270,000 träd, och varan steg alltmer i pris. Numera går man förståndigare till väga för att vinna saften, hvilket sker genom inhuggningar eller borrning i träden. Guttaperkan stelnar snart i luften samt blir i köld hård och seg som läder. Den angripes icke af vatten, alkohol, syror, feta oljor och trätjära samt är ett förträffligt isoleringsämne för underjords- och undervattensledningar. Men i luften oxiderar den, torkar och spricker.

År 1846 anställde Werner Siemens de första försöken med sådan guttaperkabeläggning. Den tycktes vara förträfflig, och året därpå nedlades i Preussen ej mindre än 200 mil sådan kabel. Men den befanns snart oanvändbar. Till följd af ofullkomligheter i tillverkningen hade tråden på flera ställen kommit att ligga alldeles i ytan i stället för i midten af guttaperkasträngen, och dessutom hade man begått det felet att använda vulkaniserad, d. v. s. svafvelblandad, guttaperka. Under fuktighetens inverkan bildades svafvelkoppar, och guttaperkahöljet sönderfrättes efter hand till en svampartad, för vatten lätt genomtränglig massa.

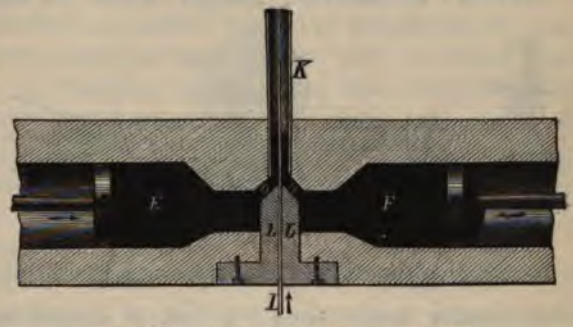


Fig. 152. Guttaperkapressens hufvuddel.

Nu har man bättre tillverkningsapparater och använder endast ren guttaperka. En sådan apparat är inrättad och arbetar på sätt som antydes af fig. 152. Den uppmjukade guttaperkamassan pressas genom två cylindrar EF upp i röret K såsom en smal sträng. I dennas midt drages den ur munstycket LL kommande koppartråden samtidigt uppåt. Medan koppartråden långsamt passerar upp genom röret K, noga följande dess midtlinie, packas alltså den mjuka guttaperkan likformigt rundtomkring densamma och medtages vid utgången ur rörets mynning. För att befrämja dess fästande vid tråden insmörjes denna före inträdet i maskinen med Chatterton-compound.

Den med guttaperka öfverdragna tråden passerar därefter genom ett vattenbad, för att afkylas och vinna behörig fasthet af beklädnaden, samt uppvindas slutligen å spolar.

På liknande sätt anbringas, om så behöfs, en andra och tredje beläggning utanpå den första.

Ett hufvudvillkor är, som sagdt, att guttaperkan är fri från främmande inblandningar. Men ty värr förekomma mångahanda förfalskningar, i syfte att åstadkomma en billigare och således begärligare vara.

Ett annat råämne, som likaledes användes för ifrågavarande ändamål, är *kautschuk* eller *gummi*. Detta är äfven en intorkad växtsaft, till sina beståndsdelar likartad med guttaperkan och känd i Europa i mer än halftannat århundrade. Den kommer från Ostindien, Sydamerika och Afrika samt erhålles där genom trädaftappning. Vid vanlig temperatur är den mjuk och elastisk men hårdnar i köld; uppvärmd till 120° C. smälter den men blir vid afsvalningen icke fast utan bildar en klibbig massa. Detsamma inträffar, om den under lång tid utsättes för luftens inverkan. Den kan därför i rent tillstånd icke användas till industriella ändamål. Men detta går för sig, om kautschuken *vulkaniseras*, d. v. s. försättes med halfva sin vikt svafvel. I detta tillstånd motstår den ganska bra inverkningarna af luft, vatten och temperaturförändringar.

Till omklädnad af elektrisk ledningstråd begagnades detta material till en början i form af band, som lindades kring tråden på samma sätt som bomullsband, således med öfverliggande kanter. Ett annat förfaringssätt tillämpas af firman Siemens Brothers i London. Koppartråden inlägges mellan två smala remsor af vederbörlig tjocklek och får jämte dessa passera mellan tvenne valsar (fig. 153), hvilka mellan sina rännformiga spår hoppressa remsorna till en cylindrisk sträng, medan de öfverskjutande kanterna bortskäras af två små cirkelknifvar. De bästa kautschuktrådar anses komma från Hooper i England. Omklädnaden består innerst af två åt motsatt led lindade band utaf icke vulkaniserad kautschuk och därutanpå ett band af kautschuk tillsatt med zinkoxid; den sålunda lindade tråden förses med en kautschukhylsa enligt Siemens Bro:s nyss antydda förfaringssätt och omlindas slutligen med linneband.

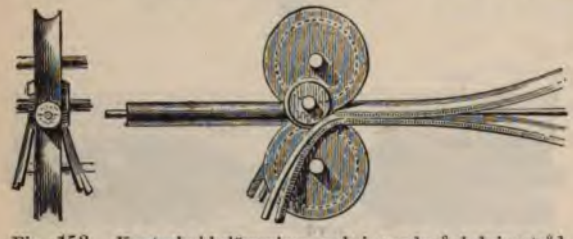


Fig. 153. Kautschukbeläggnings anbringande å ledningstråd.

Kautschukens omständligare behandling och mindre varaktighet göra emellertid, att detta ämne vida mindre än guttaperka användes till öfverklädnad af elektrisk ledningstråd.

Blykablar. Hur förträfflig guttaperkan än är, kan den likväl icke under alla förhållanden göra till fyllest. För isolerade luftledningar är den, af ofvan antydda orsaker, icke lämplig, och under vatten kan den skadas genom åverkan af där förekommande organismer. Härtill kommer, att priset befinner sig i nästan ständigt stigande; om denna omständighet också icke är af framstående betydelse i fråga om stora underhafskablar, så blir den likväl af väsentligt inflytande på kostnaden, då det gäller exempelvis anläggningar för belysningsändamål.

Man har därför på senaste tid sett sig om efter ett skyddsmaterial för billigare pris men lika vattentätt och säkert isolerande som guttaperkan. En med impregneradt material väl öfverflätad ledning kunde i det närmaste tillfredsställa anspråken men måste, för att blifva fullkomligt vattentät och oförstörbar, förses med ett skyddande ytterskal, och därtill använder man nu *bly*. Huru väl denna metall förmår

att motstå tidens åverkan, därpå har man ett slående vittnesbörd i de gamla vattenledningsrör, som uppgräfts i Pompeji, så väl bibehållna, att de åter kunnat användas för sitt ursprungliga ändamål.

Blykablar tillverkades i början på följande sätt. Sedan den öfverflätade tråden indränkts med paraffin e. d., drogs den genom blyrör af 50—60 m. längd, hvilka hoplöddes i skarfvarna, hvarefter hela slangen drogs genom en dragskifva, så att blymanteln sträcktes och lade sig tätt omkring trådkärnan.

Men dessa blykablar befunnos icke rätt tillfredsställande. Oafsedt det omständliga i tillverkningssättet kunde därvid icke undvikas, att luft och därmed äfven någon fuktighet kvarstannade inuti blyrören, hvilken sedermera vid dragningen inpressades i flätningens porer och efter hand på ett eller annat ställe trängde in till koppartråden samt förstörde isoleringen.

Denna olägenhet afhjälptes af firman Berthoud & Borel i Cortaillod (Schweiz), som påfann att anbringa blymanteln på alldeles samma sätt, som guttaperkaklädnaden, enligt Siemens' metod, pressas kring tråden. Detta förfaringssätt medför icke blott fullkomlig fuktfrihet uti det inre utan ock möjlighet att åstadkomma mycket långa trådsträckor utan någon skarflödning, hvarvid man alltid lopp fara att skada det inre trådhöljet.

Denna firmas blykablar tillverkas på följande sätt. Den öfverflätade koppartråden neddoppas först i smältande impregneringsmassa om 180° C. Genom den starka hettan utdrifves all luft och fuktighet ur flätningen, hvars mellanrum och porer i stället fyllas med impregneringsmassa. Den ännu varma tråden kommer därefter i blypressen, hvars anordning i hufvudsak liknar den, som afbildats å fig. 152, dock med den skillnad, naturligtvis, att den smältande blymassan fordrar ett betydligt starkare tryck, hvadan maskinen har mycket större dimensioner och kolfvarna sättas i rörelse genom en hydraulisk press.

Ett annat fel, som visade sig vid de äldre blykablarna, var att blymanteln här och hvar företedde små, ofta mikroskopiskt fina hål, hvarigenom något vatten kunde utifrån intränga i kabeln. Till förekommande häraf är det nödvändigt att använda endast fullkomligt rent bly, emedan småhål förnämligast orsakas af främmande beståndsdelar, sandkorn o. d., i blymassan. Men den nämnda Schweiz-firman begagnar äfven ett annat medel till förekommande af denna olägenhet, nämligen en andra blymantel utanpå den första och dem emellan ett lager af Chatterton-compound. Vid så omsorgsfull blyklädnad synes det ju vara absolut omöjligt, att den ringaste fuktighet skall kunna nå koppartråden.

Ytterligare skyddsmedel. Sådana kunna under vissa förhållanden vara erforderliga gent emot mekaniska eller kemiska åverkningar. Vid ledningar inomhus brukar man för detta ändamål inlägga trådarna i kälade trälister med påspikade lock, men dessa blifva alltid mer eller mindre vanprydande. Till undvikande häraf kan man draga trådarna genom s. k. »Bergmanns isoleringsrör», inlagda i själfva putsen, hvarigenom ledningarna blifva fullkomligt osynliga men likväl åtkomliga för tillsyn eller reparation. Dessa rör tillverkas af vulkaniserad pappersmassa, i hårdhet och utseende liknande ebonit, som är vulkaniserad kautschuk. Af samma material göras äfven kapslar eller dosor för förgreningar m. m. Hela systemet uppsättes samtidigt med rappningen af väggar och tak, men ledningstrådarna genomdragas

först sedan rummen äro färdiga, utan att puts, målning eller tapeter därvid behöfva lida den ringaste skada.

Underjordsledningar samt undervattens- och underhafskablar behöfva tydligtvis starkare ytterklädnad. De senare erhålla sålunda merendels först ett omhölje af hampa eller jute i två eller flera hvarf, och hvilket antingen undergått några dagars garfning eller ock efter påläggningen tjärstrykes. Därutanpå komma 7—10 hvarf järntråd och ibland äfven en ytterligare mantel af järnbandsspiraler. Denna sammansättning är för sådana kablar en af de enklaste men därför också otillräcklig i många fall. Då vi längre fram återkomma till en närmare beskrifning af några märkligare telegrafkablar, må det nu anförda vara nog för att gifva en antydan om de dryga kostnaderna för sådana kablars tillverkning. Utom det rent mekaniska arbetet därvid har man ock att med aldrig hvilande uppmärksamhet granska hvarje centimeter af ledningstrådar och omhöljen samt tidt och ofta verkställa åtskilliga kontrollmätningar, hvadan den ändtligen färdiga kabeln äfven representerar ett ansenligt intellektuellt arbete, hvilket visserligen icke synes men som likväl är absolut nödvändigt och kostar rätt mycket pengar äfven det.

Öfriga detaljer af elektriska ledningar, såsom säkerhetsapparater, afstängare, kontakter m. m., skola vi omtala å lämpliga ställen i de följande kapitlen i sammanhang med behandlingen af elektriska anläggningar för olika ändamål.

III. Det elektriska ljuset.

Den elektriska strömmens värmeverkningar. Bågljuset. Ljusbågen. — Äldre regulatorer för bågljusbelysning. — Det elektriska ljusets delning. — Elektriska brännare. — Sollampan. — Kontaktglödlampor. — Differentiallampor. — Differentiallampor med koppling. — Differentiallampor utan koppling. — Båglampor med ensidig rörelse. — Lamphus och ballonger. — Upphängningsanordningar för båglampor. — Tillverkning af båglampkol. — Glödljuset. Glödlampans utvecklingshistoria. — Glödlampans beståndsdelar. — Koltrådens tillverkning. — Koltrådens fastsättande. — Glasballongen. — Lampans evakuering. — Lampans färdiggörande. — Lamphållaren och hylsan. — Hängare och väggarmar för glödlampor. — Kupor och skärmar. — Glödlampans ekonomi och varaktighet.

Den elektriska strömmens värmeverkningar. Vi komma nu till området för *den elektriska strömmens användning*, ett område hvars gränser mer och mer vidgats och som nu sträcker sig långt in öfver teknikens olika fält, äfven dit, där man för femtio år sedan icke ens anade att man kunde få något att göra med elektriciteten. På detta sitt eröfringståg har elektriciteten ännu ingalunda stannat. Tvärt om, den utvidgar med ökad hastighet sitt herravälde åt alla håll, och det lider intet tvifvel, att sedan åtskilliga ännu tillbakahållande hinder omsider aflägsnats, elektriciteten skall bana sig väg till alla näringsgrenar, till hvarje teknisk verksamhet. I slutet af detta arbete skola vi närmare beröra dessa utsikter. Nu vilja vi blott söka lära känna det område, som elektriciten redan eröfrat.

Elektriciteten i och för sig är för oss helt och hållet oanvändbar, vi hafva däraf icke något behof på samma sätt som af värmet, utan hvilket vi icke kunde lefva, eller af ljuset, hvarförutan vi icke kunde se, eller af den mekaniska energien, i saknad hvaraf vi icke skulle kunna röra oss; däremot är det just *verkningarna* af *den elektriska strömmen*, då den öfvergår i en annan af oss eftersträfvad energiform, hvilka göra det möjligt att draga nytta af elektriciteten. Denna omständighet ger åt den elektriska energien, när det är fråga om dess användande, en särskild karakter, den af en *mellanform*, som man framställer ur en energiform endast för att åter låta den öfvergå i en annan. Elektriciteten själf har alltså skenbart en underordnad betydelse, men vid närmare eftersinnande skall man finna, att användningen af denna mellanform betecknar ett utomordentligt stort framsteg.

Och detta har sin grund däri, att elektriciteten kan med största lätthet öfverföras *i hvilken annan energiform som helst*, på samma gång vi erhålla dessa önskade former *med största arbetsförmåga* och *fullständigt ställda under vårt herravälde*, och desslikes möjliggöres en *öfverföring*, en *fördelning* och ett *ingripande* af energien i sådan utsträckning, att inga andra bekanta energiformer därmed kunna likställas. Med ett ord, elektriciteten kan förskaffa oss hvilket slag af energi som helst och i dess bästa form. Den får karakteren af *universalitet*, hvilket just ger den dess förnämsta och mest utmärkande betydelse. Detta måste man fasthålla, om man vill

söka förstå elektricitetens blifvande betydelse för tekniken, och man får icke vilseledas därigenom, att elektriciteten i följd af brister, hvilka ännu vidlåda metoderna och anordningarna för dess framställande, för närvarande blott till mindre del, ja man skulle kanske kunna säga till minsta delen, blifvit nyttiggjord för tekniken. Den tid skall komma, då dessa brister aflägsnats, men då är också tiden kommen för elektricitetens herravälde, för så vidt icke en annan bättre energiform blifvit upptäckt, hvilken hittintills varit för oss fördold.

Det är alltså för att draga nytta af den elektriska strömmens *verkningar*, som vi frambringa den elektriska energien. Låtom oss då tillse, hvilka verkningar den elektriska strömmen kan åstadkomma. Då »verkningar» är liktydigt med öfvergång till en annan energiform, så inse vi genast, hvilka verkningar strömmen öfver hufvud kan hafva. Värme, ljus, magnetisk, kemisk och mekanisk energi, där hafva vi de fem hufvudgrupper, hvartill strömmens verkningar kunna hänföras, och vi hafva blott att vidare framställa den frågan, om strömmen också är i stånd att åstadkomma alla dessa energiformer, hvilken fråga vi här helt kort och godt besvara med ja.

Närmast intressera oss då den elektriska strömmens *värmeverkningar*, såsom de enklaste och därjämte de, hvilka hittills funnit det största användande, ehuru visserligen icke för åstadkommande af värme utan af dess biprodukt: *ljus*.

Att värmeverkningarna bilda den elektriska strömmens enklaste energiöfvergång, finner man redan däraf, att värme alstras af denna ström icke allenast under vissa omständigheter utan alltid då den genomgår en ledare. Ty värr! ty det vore för oss mera välkommet, om vi kunde efter behag förhindra denna icke alltid önskade produkt och därigenom undvika onödiga förluster. Men detta är icke möjligt, och därför måste vi alltid vid användningen af elektrisk ström taga med i räkningen, att en del af den alstrade elektriska energien förvandlas i värme.

Den mängd värme, som strömmen under en bestämd tid utvecklar i en bestämd längd af en ledare, beror på strömstyrkan och ledarens motstånd samt växer med kvadraten på den förstnämnda och står i enkelt förhållande till det sistnämnda. Den är alltså proportionell med $I^2 W$, om med I betecknas strömstyrkan och med W ledarens motstånd. Detta beroende af motståndet är af mycket stor betydelse, ty därigenom hafva vi i vår hand att kunna *kancentrera värmeverkningarna*. Tänka vi oss nämligen ett kort stycke ledare med stort motstånd insatt i en lång ledning, hvilken i öfrigt har endast ringa motstånd, så kommer den förstnämnda, korta ledaren att af den elektriska strömmen frigöra jämförelsevis mycket värme, den sistnämnda längre ledaren däremot mindre, och under det den längre ledningen endast uppvärmes helt litet, upphettas den korta ledningen måhända ända till glödning. Ett typiskt exempel härpå hafva vi i glödlampan.

På denna koncentrering af den elektriska strömmens värmeverkningar äro nästan alla tillämpningar af dessa verkningar grundade, och vi komma därför städse, när det är fråga om dessa tillämpningar, att i första rummet rikta uppmärksamheten på ändringarna i strömkretsens motståndsförhållanden, hvarigenom koncentreringen just åstadkommes.

Vid de värmeverkningar, hvarmed vi nu skola närmast sysselsätta oss, är koncentreringen så stark, att en del af ledaren upphettas ända till *glödning* och utstrålar ljus.

Läsaren framställer kanske här den anmärkningen: »Om den elektriska energien kan öfvergå i hvarje annan energiform, hvarför måste man då först åstadkomma

värme för att kunna erhålla ljus? Är detta elektricitetens berömda universalitet?» Frågan är onekligen något brydsam; vi måste tillstå, att »den berömda universaliteten» för närvarande åt detta håll ännu har sina gränser, och nödgas därför bedja läsaren att i detta afseende hoppas på framtiden. För våra ögon *synbart ljus* kunna vi medelst elektrisk ström för närvarande icke framställa på tekniskt användbart sätt utan i förening med samtidig värmeutveckling, och vi måste medgifva, att den vida större delen af strömenergien därvid omvandlas icke till förnimbar ljusenergi utan till värme. Men redan föreligga upptäckter, hvilka bebåda, att vi förr eller senare skola vinna den elektriska strömmens energi till största delen såsom synbara strålar och därmed ha uppdagat den hemlighet, som sätter lysmasken i stånd att åstadkomma ljus utan samtidig värmeutveckling. För dessa upptäckter komma vi att redogöra i ett senare kapitel.

Bågljuset.

Ljusbågen. Låter man ändarna till de båda ledningstrådarna från en tillräckligt kraftig eletricitetskälla komma i beröring med hvarandra, så att strömmen kan flyta genom ledningen, men därpå upphäfver berörigen genom att aflägsna trådarna några millimeter från hvarandra, så afbrytes icke den elektriska strömmen, trots det skiljande luftlagret, utan den går fortfarande öfver från den ena tråden till den andra och utvecklar därvid en starkt lysande och intensivt glödande liten låga. Denna strömöfvergång får icke förväxlas med den elektriska gnistan, hvilken också utgör en strömöfvergång genom luften, men till hvars åstadkommande fordras en spänning, hvilken ligger betydligt högre än den, som är nödvändig i det nyss nämnda fallet. Där är det i själfva verket icke luften, som förmedlar strömmens öfvergång, utan de ledande gaser, hvilka uppstå vid trådmetallens förflyktigande. När beröringen afbrytes, blir nämligen just i det ögonblick, då beröring dock ännu äger rum, motståndet uti den lilla del, där strömmen går från tråd till tråd, så starkt, att en värmeutveckling uppstår, tillräcklig att upphetta metallen å beröringsstället så betydligt, att den förgasas. Då trådarna därefter åtskiljas, är luftmellanrummet redan fylldt med sådana metallångor, och strömmen kan därför gå öfver från den ena till den andra. Men metallångorna leda elektriciteten vida sämre än den fasta metallen, och strömmen påträffar alltså vid öfvergångsstället en ledningssträcka med stort motstånd; den utvecklar därför här inom ett litet område en betydande värmemängd, åstadkommer alltså en hög temperatur, tillräcklig att ytterligare förgasa metallen och hålla luftvägen framkomlig för den elektriska strömmen. Härtill kommer, att metallångorna af strömmen ryckas med från den trådänden, som är förenad med den positiva polen, till den andra änden, hvarigenom dessa ångor hållas jämförelsevis väl tillsammans och göra vägen säkrare för den elektriska strömmen.

Vackrare och mera glänsande blir denna företeelse, om man i stället för de metalliska trådarna begagnar tvenne tillspetsade kolstänger, hvilkas spetsar först få beröra hvarandra och därefter åtskiljas på ett afstånd af tre till fem millimeter. Då uppkommer liksom en eldström, som utgår från den ena spetsen, breder ut sig men åter drager sig tillsammans mot den andra. Ehuru denna låga har helt ringa utsträckning — redan en ljuslåga är i förhållande därtill en jätte —, så utstrålar den dock ett så intensivt ljus, att man utan skydd för ögonen icke alls eller endast med an-

strängning kan se därpå. Förklaringen till denna mäktiga ljusverkan ligger icke långt borta. De gaser och ångor, hvarigenom strömmen går, blifva hvitglödande i följd af den intensiva värmekoncentrering, som orsakas af det genompasserade luftlagrets betydliga motstånd, och den glödande luften utstrålar i följd häraf ljus. Temperaturen i det inre af denna låga är den högsta, hvilken vi kunna åstadkomma, ty den smälter och förflyktigar alla kroppar, som införas däri, med undantag för kolet, hvilket man hittills icke varit i stånd att smälta; men till och med detta ämne förflyktigas vid kolspetsarna. Sedan lågan eller *ljusbågen*, såsom den benämnes efter dess böjda form, fått glöda någon tid, finner man nämligen, att den spets, som är förenad med den positiva polen, delvis förtärts och att i dess ställe bildats en krater-formad fördjupning i kolet, under det att den negativa kolspetsen blifvit något förlängd. Detta förklaras så, att strömmen ryckt med sig kolpartiklar från det positiva kolet och aflagrat dem till en del på den negativa spetsen.

Härmed sammanhänger jämväl, att den negativa spetsen upphettas mindre starkt än den positiva och därför kan medgifva kolpartiklarnas aflagring därå. Fig. 154 visar en bild af de båda kolspetsarna, sedan de under en längre tid underhållit ljusbågen; detta utseende bibehålla de sedermera men förtäras efter hand, den positiva nästan dubbelt så fort som den negativa.

Fig. 154. Kolspetsar bildande ljusbåge.

Då det är omöjligt att med blottade ögon betrakta de glödande kolspetsarna, begagnar man till skydd ett mörkt glas. Ännu bättre kan man dock lära känna förloppet, om man genom en svagt förstorande lins kastar en bild af ljusbågen på en skärm; då får man se de glödande kolspetsarna just sådana, som i vidstående figur visas.

Ljusbågen, äfven kallad voltabågen, iakttogs första gången af Sir Humphry Davy år 1810 och framställdes då med hans stora batteri med 2 000 element. Davy betjänade sig därvid af små spetsade träkol, hvilka förut glödgats och afkylts i kvicksilfver, för att genom det inträngande kvicksilfret blifva bättre ledande. Sådana kolspetsar förtäras dock ganska fort och äro mindre lämpliga för ljusbågens åstadkommande. Först några årtionden senare fann man ett bättre material i det vid beskrifningen af de galvaniska staplarna redan omtalade retortkolet. Detta material ägnar sig också i hög grad för ljusbågens bildande, ty det förbrinner med svårighet och leder strömmen väl. Men rent hvitt och lugnt ljus gifver det ej. Dessutom lämna de ur retorterna brutna styckena vanligen mycket korta längder, och de utskurna kolen blifva alltför dyra. Bunsen hade emellertid visat, huru man för galvaniska

staplar kan ersätta retortgrafiten med konstgjordt kol, och samma förfaringssätt kom snart till användande jämväl för ljuskolen och begagnas numera allmänt för deras tillverkning. Vi återkomma härtill längre fram.

Till följd af kolspetsarnas fortgående förtäring växer afståndet dem mellan och blir slutligen så stort, att strömmen icke längre kan ledas öfver. Men redan vid mindre afstånd är bågen orolig; det i början hvita och stadiga ljuset antar en blåaktig färg och blir fladdrande. För att erhålla en fortvarande ljusbåge är det därför icke nog att, sedan kolspetsarna fått beröra hvarandra, inställa dem på ett visst inbördes afstånd; detta afstånd måste därefter bibehållas oförändradt, så vida det i voltabågen alstrade ljuset skall kunna erhålla praktisk användning. Och härmed ha vi kommit till frågan om anordningarna för åstadkommande af bågljusbelysning.

Äldre regulatorer för bågljusbelysning. De enklaste anordningarna för reglering af de båda kolspetsarnas inbördes afstånd utgöras af apparater, där närmandet och aflägsnandet sker för hand. En sådan handregulator af enklaste slag består af två horisontala metallarmar anbragta på tvenne vertikala ståndare, så att de kunna skjutas mot eller från hvarandra. Kolspetsarna fasthållas af klämmare å de båda inre ändarna, medan de båda yttre äro förenade med strömkällan. Man låter kolspetsarna först beröra hvarandra och skiljer dem sedan åt, och med någon öfning lyckas det rätt väl att bibehålla bågen på önskadt sätt.

Fig. 155. Handregulator.

Man kan naturligtvis icke tänka sig att under någon längre tid åstadkomma elektrisk bågljusbelysning med dylika handregulatorer, då människohänderna äro en alltför dyrbar och därtill icke synnerligen god regleringsmaskin. Emellertid inträffar ännu i dag, fastän vi hafva tillgång till förträffliga självverkande regulatorer, vid flera tillfällen, att man begagnar handregulatorer, i synnerhet när elektriskt bågljus behöfves endast under en kortare stund och på olika platser. Exempel härpå erbjuda de tillfälliga effektbelysningarna på teatrar, för hvilka handregulatorer ofta användas. En sådan regulator är afbildad i fig. 155; kolspetsarnas afstånd regleras medelst ett litet dref, som ingriper i en med det öfre kolet förenad kuggstång.

Äfven vid de å örlogsfartyg förekommande strålkastarna begagnas handreglering.

Det ligger emellertid nära till hands att låta regleringen verkställas medelst ett urverk. Detta måste tydligtvis frammata kolspetsarna noga motsvarande deras afbränning; eljest skulle afståndet efter hand blifva för litet eller för stort. Men som kolspetsarnas förbränning icke kan på förhand noga bestämmas och äfven är beroende af en del tillfälligheter, så måste urverket, om det öfver hufvud skall vara användbart för ändamålet, på sådant sätt göras beroende af kolens förbränning, att frammatningen äger rum endast när mellanrummet blifvit för stort, men upphör, när den riktiga

ställningen blifvit uppnådd. Detta låter sig utan svårighet göra, och därmed komma vi till de *självverkande regulatorerna* för elektriskt bågljus.

För att förstå dessa apparater måste likväl här förutskickas några upplysningar angående spänning, motstånd och strömstyrka uti ljusbågen.

Man har funnit, att ljusbågens spänning, d. v. s. spänningen mellan den positiva och den negativa spetsen, är beroende på *afståndet mellan de båda spetsarna*, men att, om afståndet är oförändradt, spänningen icke växer med strömstyrkan, såsom man skulle vilja antaga och vid fasta ledare äfven är förhållandet. Den förblifver tvärt om nästan densamma för alla värden på strömstyrkan, hvilka vid det gifna afståndet öfver hufvud kunna bibehålla ljusbågen brinnande. Detta skulle icke öfverensstämma med ohmska lagen, om vi icke antoge, att ljusbågens *motstånd* minskades, då strömstyrkan växer; ty äfven här äger denna lag giltighet. Försöken ha också visat, att detta är förhållandet. Det blir därför möjligt att bibehålla det bestämda afståndet mellan kolspetsarna genom att hålla spänningen konstant på sådant sätt, att man låter urverket träda i verksamhet, så snart afståndsökningen mellan kolspetsarna börjar föranleda spänningens stigande. När det normala afståndet, den normala spänningen uppnåtts, spärras åter urverket och regleringen är verkställd. Såsom vi strax skola få se, kan detta arbete öfverlåtas åt strömmen själf, d. v. s. urverkets utlösande och spärrande ske automatiskt.

I stället för att reglera afstånd och spänning kan man äfven vinna ändamålet genom att hålla *strömstyrkan* i ljusbågen vid gifven storlek. Om nämligen regleringsapparaten är förenad med en strömkälla af bestämd spänning, så måste en viss strömstyrka också motsvaras af ett bestämdt motstånd hos apparaten. De fasta ledarna i densamma förändra icke sitt motstånd, och följaktligen kan icke heller ljusbågen undergå ändring, om en ström af bestämd styrka går genom apparaten; men därmed kommer också den tredje faktorn, spänningen hos ljusbågen, och jämväl afståndet mellan kolspetsarna att bibehållas vid bestämd storlek.

Det gäller således att låta kolspetsarnas frammatning börja i samma ögonblick, som afståndsökningen mellan kolen föranleder spänningens växande eller strömstyrkans minskning. Strömmen måste då utlösa urverket, men dettas verksamhet måste spärras, så snart kolspetsarna åter befinna sig på normalt afstånd från hvarandra.

Konstruktionen af en sådan mekanism blir enklast, om den afser att hålla strömstyrkan konstant. För detta ändamål kan man låta strömmen till kolspetsarna äfven genomgå en elektromagnet, hvilken attraherar ett ankare, som hålles upplyft af en fjäder. Är strömmen i elektromagneten tillräckligt stark, så öfvervinner elektromagnetens dragkraft fjäderns motstånd, men så snart strömmen försvagas och sjunker under en viss styrka, förmår elektromagneten icke längre kvarhålla ankaret, utan fjädern rycker det loss. Denna ankarrörelse, som på nu nämnda sätt är beroende på strömstyrkan, har begagnats för att utlösa och spärra urverket.

En sådan regulator afbildas i fig. 156, som visar en *Foucault-Duboscqs* lampa, hvilken före dynamomaskinens uppfinning allmänt användes för åstadkommande af elektriskt ljus och än i dag brukar användas vid bilders framställande medelst elektriska apparater. Det i lamphuset befintliga urverket inverkar här på båda kolhållarstängerna på sådant sätt, att kolspetsarna närmas mot hvarandra. Den undre stångens rörelse är dock mindre än den öfres, emedan, såsom vi förut omnämnt, det öfre, positiva kolet fortare förbrännes. Om båda kolspetsarna för hvarje gång sammanfördes lika mycket, skulle bågen komma att skjutas mer och mer uppåt. Men

då han, när lampan användes i brännpunkten af en spegel eller lins, tydligtvis bör förblifva stilla i denna punkt, så måste det öfre kolet i förhållande till sin hastigare förbränning också frammatas ett längre stycke än det undre. Detta resultat uppnås helt enkelt därigenom, att kuggstängerna, vid hvilka kolhållarna äro anbragta, inställas genom tvenne på samma axel sittande dref af olika diameter. Under urverket synes elektromagneten *E*, som utlöser urverket, och likaså fjädern *R*, som lösrycker ankaret och hvars spännning kan afpassas med en regleringsskruf. Det är tydligt, att en viss spänning hos fjädern motsvarar en bestämd strömstyrka, vid hvilken fjädern öfvervinner elektromagnetens attraktion och därigenom igångsätter urverket. Om fjädern spännes starkare, kommer det uppenbarligen att fordras en större strömstyrka för att fasthålla ankaret, och lampan har alltså då reglerats för starkare ström. Minskas däremot fjäderns spänning, så är en lägre strömstyrka tillräcklig för ankarets attraktion och hämmande af kolspetsarnas frammatning; lampan är då justerad för svagare ström. Detta sätt att reglera en lampa genom att ändra spänningen uti en fjäder, hvilken verkar såsom motkraft, skola vi ofta finna använd vid båglamporna, och det är så till vida det bekvämaste, som det är möjligt att med ställskrufven mycket fint afpassa fjäderns spännkraft. Men det gäller ju också att, efter kolspetsarnas sammanföring, vid lampans tändning åter aflägsna dem från hvarandra, så att ljusbågen kan bildas. För detta ändamål finnes uti Foucault-Duboscqs lampa ett andra urverk, som flyttar kolspetsarna åt motsatt håll, alltså aflägsnar dem ifrån hvarandra. Så snart strömmen kommer in i lampan, går den genom de hvarandra berörande kolen och har i detta fall sin största styrka. Magneten attraherar då med hela sin kraft ankaret, som något vrider häfstången T. I sitt förra läge spärrade denna häfstång medelst tanden *t* och spärrhjulet O′ den mekanism, som aflägsnar kolen från hvarandra, men åstadkommer nu dess utlösning och spärrar i stället den del af urverket, som förer kolen tillsammans. Spetsarna börja följaktligen att skiljas åt, så att ljusbågen bildas. Men härunder växer motståndet hos bågen, strömstyrkan aftager och i samma mån höjer sig också ankaret småningom. Genom en särskild liten anordning har man nämligen sörjt för att det icke plötsligt lösslites af fjädern utan intager ett bestämdt läge för hvarje olika strömstyrka. Häfstången får därigenom till sist ett sådant läge, att den spärrar båda

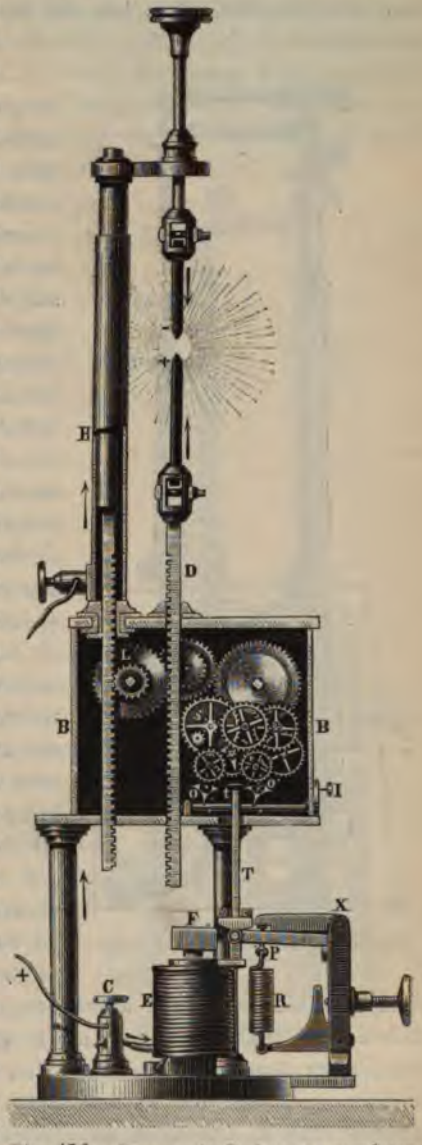


Fig. 156. Foucault-Duboscqs regulator.

urverken, och nu stå kolspetsarna stilla på det bestämda afståndet från hvarandra. När förbränningen af kolen fortskrider och afståndet ökas, sjunker strömstyrkan, och häfstången T utlöser då den del af mekanismen, som matar kolen samman. Skulle kolen komma för nära hvarandra, träder åter den andra delen i verksamhet. Man finner således, att regulatorn på detta sätt noga bibehåller den strömstyrka, för hvilken den blifvit inställd. Den kan ock användas lika väl för växelströmmar som för likriktad ström.

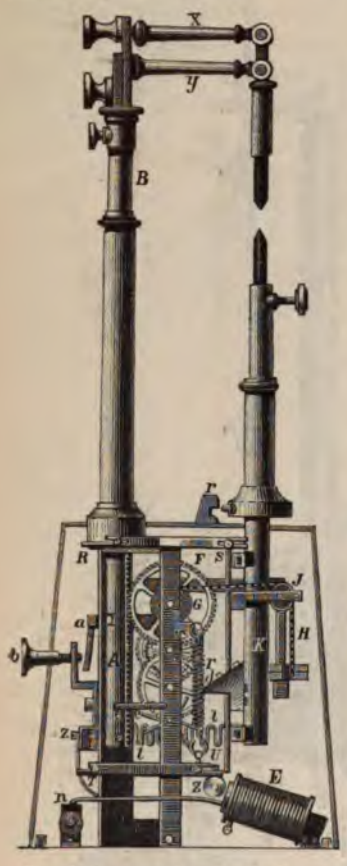


Fig. 157. Serrins bågljuslampa.

Men ehuru af intresse såsom den första lösningen af problemet är denna regulator likväl behäftad med för många ofullkomligheter för att numera vara af någon praktisk betydelse. Den undergick emellertid år 1859 en väsentlig förbättring genom Serrin, hvars regulator, med åtskilliga senare vidtagna detaljförändringar, erbjuder så stora företräden, att den väl kunnat uthärda täflan med de nyare apparaterna för samma ändamål, så vidt dessa nämligen äro afsedda för blott en lampa i samma ledning. Serrins lampa har ock med mycken fördel blifvit använd för elektriska fyrapparater.

I denna lampa (fig. 157) finnes icke mer än en hjulmekanism för kolspetsarnas rörelse. Den öfre kolhållaren är genom armen y fäst vid en uti hylsan B innesluten stång, som genom sin och kolhållarens sammanlagda tyngd ständigt har benägenhet att glida nedåt. Den å dess nedre del anbragta kuggstången A ingriper därvid uti kugghjulet F, så att en vid valsen G fäst stålkedja, löpande öfver rullen J, samtidigt drager den undre kolhållaren uppåt. Kolen närmas sålunda till hvarandra. Den elektriska strömmen inkommer genom lamphusets botten och passerar kring den där liggande elektromagneten E, som attraherar ankaret Z, hvilket då drager stången US nedåt, hvarvid stycket K och rullen J medfölja, så att stålkedjans nedre fäste sänkes. Denna vrider då kugghjulet F åt motsatt håll, så att kuggstången A och därmed äfven öfre kolspetsen höjes. Kolen aflägsnas således nu från hvarandra, och ljusbågen bildas till lagom längd. Det öfre kolets nedsjunkande hindras nu af spärrtanden d, som ingriper i hjulmekanismen och hejdar dess vidare rörelse. Men då öfre kolet förtärts så mycket, att afståndet mellan spetsarna och därmed äfven motståndet i strömbanan blifvit så stort och strömstyrkan så försvagad, att elektromagneten icke längre förmår kvarhålla ankaret Z, då lösryckes detta af fjädrarna r och den till stångens K höjning verkande dragningen i stålkedjan l, som genom hjulet F utöfvas af motvikten A. Öfre kolspetsen börjar följaktligen då att sjunka och den nedre att stiga, såsom ofvan beskrifvits. Fjädrarnas spänning regleras genom ställskrufven b, och detta kan ske så fint, att äfven den minsta ändring i strömstyrkan förmår bringa hjulverket i rörelse och ljusbågen sålunda bibehålles vid oförändrad styrka och plats.

Denna lampa brinner därför mycket lugnt och jämnt; i följd af sin konstruktion måste den alltid stå lodrätt och kan icke begagnas för växelströmmar.

Den fortgående utvecklingen af båglampornas mekanism medförde emellertid, att också urverket för kolspetsarnas sammanförande utelämnades och ersattes af strömmens egen förmåga att åstadkomma rörelse. Det enklaste exemplet på en dylik båglampa erbjuder den, som konstruerats af Jaspar i Lüttich, fig. 158. Vid nedre änden af öfre kolhållaren t är fäst ett snöre, som löper öfver ett hjul R och är fastgjordt vid hjulringen, så att hjulet vrides, när kolhållaren sjunker. På samma hjuls axel sitter ett mindre spårhjul, med ett på liknande sätt fastgjordt snöre, förenadt med den undre kolhållarstången t'. Den öfre kolhållarens rörelse nedåt måste därför ha till följd den undre kolhållarens rörelse uppåt och tvärt om. Den undre kolhållarens nedre del är af järn och går ned uti en trådspole S, hvari strömmen framgår. En sådan strömspole har, som bekant, en viss sträfvan att ytterligare indraga en däruti inskjutande järnkärna. Denna lampa arbetar därför på ett sätt, som mycket erinrar om Serrins regulator. När den är utan ström, sjunker den öfre kolhållarstången till följd af sin större tyngd, och de båda kolspetsarna föras tillsamman, så att de beröra hvarandra. Då strömmen påsläppes, kommer trådspolen i verksamhet och får vid full strömstyrka tillräcklig kraft att öfvervinna den öfre kolhållarstångens tyngd samt drager den undre kolhållarstången nedåt, hvarvid den öfre stången, i följd af det nyss omtalade sambandet dem emellan, går uppåt. Ljusbågen bildas, men kolspetsarna fortfara att aflägsna sig från hvarandra, till dess afståndet och därmed äfven motståndet ökats samt strömstyrkan minskats därhän, att trådspolens inverkan på järnkärnan jämnt motväger den öfre kolhållarens tyngd. Kolspetsarna ha då kommit på lagom afstånd från hvarandra och bågen brinner lugnt, tills den fortgående förbränningen af kolen minskat strömstyrkan så mycket, att spolen icke längre kan hålla jämvikten vid makt utan måste låta den undre kolhållarstången gifva vika för den öfres dragning i snörena och alltså höja sig, hvarvid spetsarna närmas mot hvarandra och strömstyrkan växer, till dess jämvikt å nyo inträder mellan de verkande krafterna.

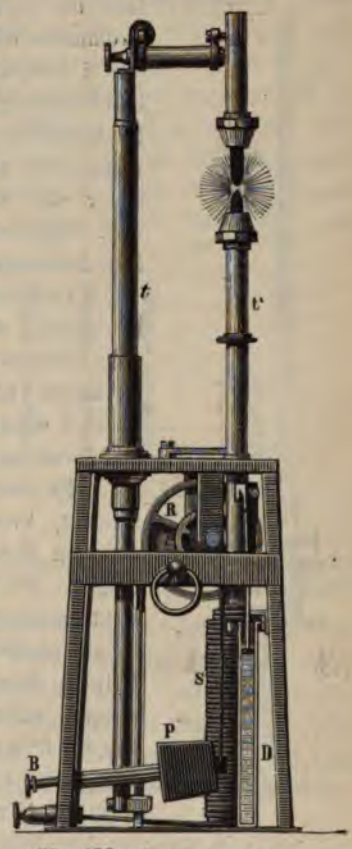


Fig. 158. Jaspars lampa.

Någon inrättning måste emellertid finnas för att göra rörelsen lugn och jämn; kolhållarna skulle eljest komma i en vibrerande rörelse kring jämviktsläget och ljuset blifva oroligt. För detta ändamål står bredvid spolen en lång och smal cylinder D, fylld med glycerin, och hvars kolf medelst en smal stång är förenad med den undre kolhållarstången. I kolfven finnas små hål för glycerinens genomgång vid kolfvens rörelse upp eller ned. Denna kan i följd häraf försiggå endast långsamt, beroende på huru fina de nyss nämnda glycerinkanalerna äro. Följaktligen måste äfven den med kolfven

förenade undre kolhållaren röra sig lika långsamt. En dylik *glycerinbroms* är använd i flera andra båglampor, så t. ex. i Brush-lampan. Den anses emellertid vara väl ömtålig för båglampor och kommer lätt i olag, hvarför den knappast användes i nyare konstruktioner.

Beträffande Jaspar-lampan må ytterligare omnämnas, att en del af öfvervikten utjämnas genom en motvikt P, anbragt å en vridbar arm och genom ett snöre förenad med spårskifvornas axel. Den tjänar till justering af lampan och utjämnande af spolens icke fullt likformiga verkan, hvarom mera längre fram vid beskrifningen af Krizik-lampan.

På ett något skiljaktigt sätt har v. Hefner-Alteneck vid sin första lampa — icke att förväxla med hans differentiallampa — betjänat sig af strömmens motoriska verkningar för kolspetsarnas åtskiljande. Liksom i Jaspars lampa verkställes kolens närmande genom den öfre kolhållarstångens öfvervikt. Deras särskiljande åstadkommes genom en hjulmekanism, som medelst ett spärrhjul och en hake sättes i verksamhet af en elektromagnet, hvilken, då strömstyrkan öfverstiger den normala, kommer ankaret att hastigt dallra upp och ned. Hjulverket ingriper i kolhållarnas kuggstänger och för dem från hvarandra.

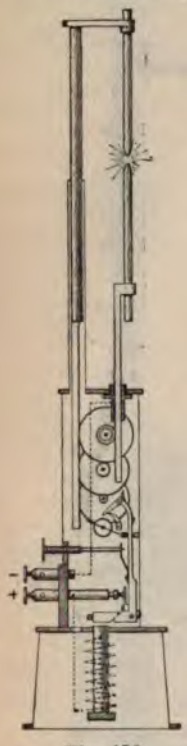


Fig. 159.
Hefner-Altenecks äldre båglampa.

Elektromagneten är innesluten i lampans fot (fig. 159) och inkopplad i dess strömledning. Om kolspetsarna beröra hvarandra, när strömmen påsläppes, kommer den alltså i verksamhet och attraherar ankaret. Detta ligger horisontalt och är rörligt kring en axel samt förenadt med en vinkelhäfstång, å hvars öfversta del den förut omtalade matarehaken sitter.

På denna häfstångs vertikala arm sitter en liten platinakontakt, hvilken kommer i beröring med ett å den undre klämskrufven fäst platinastift, så snart ankaret blifvit tillräckligt neddraget. Då går strömmen icke längre från klämskrufven genom elektromagneten och vidare till det öfre kolet, utan förbi magneten genom platinakontakterna till vinkelhäfstången och upp i lamphuset. Följden däraf är, att elektromagneten förlorar sin magnetism och släpper ankaret, hvarigenom på samma gång platinakontakterna skiljas från hvarandra. Strömmen går då åter genom elektromagneten, och samma förlopp som nyss beskrefs begynner å nyo. Ankaret blir sålunda i snabb följd attraheradt och lössläppt, och den vertikala stångens öfre hake kommer därigenom i motsvarande rörelse med den påföljd, som ofvan blifvit angifven. Snart har afståndet mellan kolspetsarna blifvit så stort, att elektromagneten icke längre förmår attrahera ankaret nog för att bringa platinakontakterna i beröring med hvarandra; då upphör kolstängernas vidare åtskiljande, och ljusbågen brinner mellan stillastående spetsar. Hur det sedermera tillgår, när, vid kolspetsarnas förbränning, strömstyrkan sjunker, torde af det föregående vara lätt att inse. Den fjäder, som motverkar ankarets attraktion af elektromagneten, kan genom en ställskruf spännas starkare eller svagare och lampan därigenom regleras för olika strömstyrkor.

Med redogörelsen för dessa fyra båglampor, som alla reglera för *konstant strömstyrka*, skola vi tills vidare nöja oss. Den har visat bland annat, huru man

kan använda elektrisk ström för att automatiskt reglera ljusbågen, och obestridligen var det en lycklig tanke att sålunda öfverlämna regleringsarbetet åt strömmen själf. Såsom vi snart skola få se, gifves det likväl ganska enkla mekaniska medel för att åstadkomma samma sak, särskildt i fråga om de s. k. elektriska ljusen eller brännarna. De nyss beskrifna lamporna ha emellertid, såsom vi likaledes skola finna, äfven åtskilliga olägenheter och lämpa sig därför icke för en sådan elektrisk belysning, hvilken numera är den vanliga. Härmed komma vi nu till det problem, som mot slutet af 70-talet ifrigt sysselsatte elektroteknikerna och jämväl slutligen lyckligt blef löst, nämligen problemet om

Det elektriska ljusets delning. De nyss beskrifna lamporna äro ganska tillfredsställande, så länge det är fråga om att använda endast *en enda* lampa. Men i de allra flesta fall önskar man vid en elektrisk belysningsanläggning att anordna flera lampor och mata dem med ström från en enda maskin. Nu kan man på två sätt förena flera dylika lampor med strömkällan, nämligen antingen i *serie* eller *parallelt*, i öfverensstämmelse med hvad förut blifvit sagdt i fråga om anordningen af elektriska batterier, där analoga förhållanden gälla. — I fig. 160 äro sålunda fyra par kolspetsar, hvilkas ljusbågar antydas af de utsatta korsen, inkopplade med

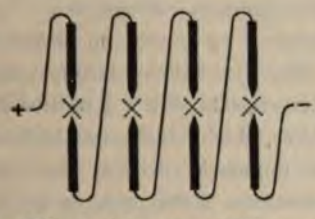


Fig. 160. Seriekoppling af båglampor.

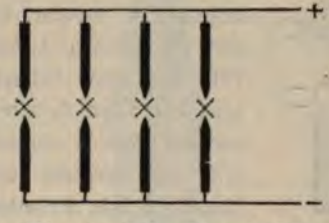


Fig. 161. Parallelkoppling af båglampor.

strömkällan i serie eller efter hvarandra, hvaremot kolen i fig. 161 äro kopplade parallelt eller bredvid hvarandra.

I det föregående är sagdt, att man vid konstant spänning i ledningarna kan reglera lampan för konstant strömstyrka, och detta är förhållandet vid parallelkoppling af båglampor, under förutsättning att ledningar och strömkälla äro lämpligt afpassade. De förut omtalade lamporna kunna således ganska väl användas vid anläggningar med flera parallelt kopplade lampor och en enda strömkälla. Vid början af 80-talet voro dock de elektriska ingeniörerna emot parallelkopplingen, dels emedan de deri sågo ett slöseri med ledningsmateriel, men dels väl äfven därför, att ännu vid denna tid svårigheter mötte att bibehålla en konstant spänning vid polskrufvarna. Måhända torde anledningen äfven ha varit en viss ensidig uppfattning af förhållandena, såsom så ofta händer inom tekniken, och för öfrigt icke ensamt där. Huru som helst, man ville då för tiden erhålla elektrisk belysning på många ställen från en maskin medelst en genomgående eller rundgående ledning, i hvilken de särskilda lamporna voro inkopplade efter hvarandra, och sålunda uppstod problement om *det elektriska ljusets delning*, hvilket blef ännu mera invecklad därigenom, att man också ville från en och samma maskin erhålla belysning af olika ljusstyrka. Låtom oss först taga denna sistnämnda fordran något i betraktande. Båglamporna äro kraftiga ljuskällor, och man kunde betydligt stegra deras verkan men var tyvärr icke i stånd att moderera den åt

motsatt håll, nedåt. Säkerligen skulle det icke falla någon in att upphänga i sitt rum ett vidunder till båglampa med en ljusstyrka om 1000 normalljus. För rumbelysning önskar man svagare och billigare ljuskällor, hvilka kunna ersätta lysgas och fotogenlampor. Men elektrotekniken förmådde på den tiden icke åstadkomma sådana, och båglampljuset förblef därför inskränkt till belysning af större salar, banhallar och öppna platser; från den vackra och vinstlofvande inomhusbelysningens område var den tills vidare utestängd. Inom den moderna kulturen har dock utsikten till vinst blifvit uppfinningarnas moder, och man kan därför lätt förstå, att, sedan det omtalade problemet en gång dykt upp, alla länders elektrotekniker skulle ifrigt sträfva efter dess praktiska lösning. Redan vid framställningen af transformatorernas utvecklingshistoria ha vi sett, huru flere uppfinnare försökt att genom en strömförgrening med induktionens hjälp åstadkomma elektriska lampor af olika ljusstyrka och helt och hållet oberoende af hvarandra, och vi skola längre fram finna, att problemet har fört till många ansträngningar i andra riktningar. I alla händelser har det utöfvat ett ganska långt gående inflytande och satt en viss fart uti arbetet på detta område.

Om vi till en början frånse de försök, som afsågo att efter behag moderera ljusstyrkan, så återstod likväl af problemet den viktiga uppgiften att göra lamporna oberoende af hvarandra. Man ville, som sagdt, mata flera lampor med en maskin. Detta var likväl icke möjligt vid seriekoppling af lampor, som reglera till konstant strömstyrka. Ty antag, att två sådana lampor äro förenade i serie med en strömkälla och till en början brinna normalt. Den ena lampan bränner emellertid sina kol något fortare än den andra, motståndet i dess ljusbåge ökas, strömstyrkan i strömkretsen sjunker, båda lamporna börja reglera, tills den normala strömstyrkan är uppnådd. Nu är visserligen motståndet i hela strömkretsen detsamma som förut, men är det fördeladt på de båda lamporna likasom förut? Nej, ty den ena lampan brann ännu med normalt kolafstånd, när detta redan var öfverskridet vid den andra; båda lampornas samtidiga reglering har skjutit spetsarna tillsammans i dem *båda*, till dess att det ursprungliga motståndet återställts. I den förut normalt brinnande lampan är således afståndet *under* det normala, i den andra hafva kolen *icke* sammanskjutits *fullt* så långt. Lamporna brinna nu olika. Lamporna betraktade som ett helt hafva således visserligen erhållit hela lampseriens motstånd, men detta konstanta motstånd betyder icke en likformig fördelning på de särskilda lamporna, och därför kommer också afståndet mellan kolen i de olika lamporna att växla inom jämförelsevis vida gränser. Den ena lampan brinner klent medan bågen uti en annan blifvit för lång.

Fig. 162. Anordning för bibehållande af konstant afstånd mellan tvenne kolspetsar.

Under sådana förhållanden var det icke möjligt att i seriekoppling använda lampor, hvilka blott bibehöllo *strömstyrkan* i lampströmkretsen konstant. Man måste ytterligare utfinna något medel, hvarigenom lamporna kunde oberoende af hvarandra bibehålla vid konstant storlek antingen afståndet eller spänningen mellan kolspetsarna eller ock ljusbågens motstånd. I sådant fall åstadkommer strömmen en *likadan* ljusbåge i hvarje lampa, ty då strömstyrkan alltid är densamma för alla lamporna, eftersom dessa äro kopplade efter hvarandra, så måste med en sådan reglering hvarje lampa taga för sig samma mängd arbete från strömmen. Om vi här skulle tillämpa vår gamla bild, så kunna vi säga, att strömmen genom regleringsanordningarna uppdämmes i afsatser med lika stor fallhöjd, så att hvart och ett vattenhjul — så heter

den elektriska båglampan i öfversättning till denna vår vattenkraftliknelse — erhåller lika stor andel af strömmens hela arbetsförmåga.

Af de nyssnämnda tre utvägarna förefaller den första, eller att hålla kolspetsarna på ett *oföränderligt afstånd* från hvarandra, vid första påseendet vara den enklaste, men vid närmare betraktande den svåraste. För att öfverallt hålla de förbrinnande kolspetsarna ständigt på samma afstånd från hvarandra kunde man exempelvis låta dem tryckas mot två små ringar (fig. 162) af oförbränneligt material, förenade genom tvärstycken. Detta vore nog en mycket enkel utväg, om blott icke hettan i ljusbågen vore så utomordenligt stark, att äfven det mest motståndskraftiga material blir förstördt. Därjämte kunna kolspetsarna stickas fram mer eller mindre långt genom ringarnas öppningar, hvilka alltid måste hafva ett visst spelrum, och vidare kan ju den genom aflagringen bildade käglan å det negativa kolet skjuta betydligt långt in i det fria mellanrummet. Slutligen borttager en dylik mellankropp både ljus och värme och försvagar därigenom lampans ljusstyrka på betänkligt sätt. Denna skenbart så enkla anordning syntes således vara mindre förmånlig.

Det lyckades likväl på annat sätt att genom rent mekaniska medel åstadkomma ett konstant afstånd mellan kolspetsarna *utan någon förflyttning af kolstängerna*, och detta sätt innebär den första lösningen af delningsproblemet.

Fig. 163. Jablochkoffs ljus.

Elektriska brännare. Om två kolstänger ställas parallelt bredvid hvarandra och så, att bågen bildas endast mellan deras yttersta ändar, så befinna sig kolspetsarna på ett konstant afstånd. Ty detta ändras tydligen icke vid kolstängernas förbränning. Denna tanke ledde den i Paris bosatte ryske ingeniören Jablochkoff till konstruktionen af det efter honom benämnda *elektriska ljuset eller brännaren*.

Detta ljus består af två kolstänger (fig. 163), förenade men på samma gång elektriskt isolerade genom ett mellanlägg af gips eller kaolin. Detta mellanlager har dock äfven ett annat ändamål. Det smältes endast genom ljusbågen och så långt den räcker, hvadan ljusbågen alltid håller sig vid stängernas ändar; först i samma mån som kolen förbrännas och bågen sänker sig, bortsmältes en motsvarande del af gipslagret, så att de yttersta ändarna af kolstängerna ständigt lämnas fria på några millimeter och ljusbågen kan bildas endast mellan dem.

För att möjliggöra tändningen äro de öfversta spetsarna förenade genom en tunn grafitskifva, som då strömmen påsläppes smälter bort och lämnar spetsarna fria, så att ljusbågen kan bildas.

Med denna uppfinning hade man erhållit den första lösningen af problemet att dela det elektriska ljuset, och det väckte därför stort uppseende, när den första elektriska gatubelysningen med dylika brännare anordnades 1877 på Avenue de l'Opéra i Paris. Vid det följande årets stora världsutställning hade ett betydligt antal ingeniörer och affärsmän tillfälle att se denna briljanta belysning, och därigenom kom anläggningen att gifva impulsen till en omfattande och liflig verksamhet inom den elektriska belysningstekniken. I viss mening kan man säga, att starkströmindustrien tog sin början vid denna tid.

Här i *Sverige* gjorde man för första gången bekantskap med de Jablochkoffska brännarna och det elektriska ljusets delning hösten 1878, då Blanches kafé i Stockholm upplystes på detta sätt. Strömmen erhölls från en Grammes växelströmmaskin med tillhörande likströmsmaskin för elektromagneternas matning, och drifven af en 8 hästkrafters Ottos gasmaskin. Dessa båda voro de första elektriska generatorer, som i vårt land kommit till praktiskt användande; de tillhöra nu tekniska skolans i Stockholm samlingar. Brännarna, 4 till antalet, användes först inne i rummen, men då ljuset visade sig mindre stadigt och skiftande i olika färger samt således föga lämpligt för innerbelysning, flyttades de ut i trädgården. Efter någon tids begagnande slopades de slutligen helt och hållet.

Att nu för tiden de Jablochkoffska ljusen äro föråldrade och så godt som försvunna beror på vissa brister hos denna uppfinning. Till en början bör ihågkommas att dessa brännare måste matas med växelström. Ty det positiva och negativa kolets olika förbränningshastighet skulle, om likström begagnades, kräfva olika tjocklek af de båda stängerna, på det att den liniära förbränningen måtte blifva lika stor. Men det är ganska svårt att åstadkomma likformig förbränning af olika grofva kolstänger, och den är alltid utsatt för störande inverkningar genom oundvikliga tillfälligheter. Jablochkoff matade därför sina brännare med växelström, så att båda kolen oupphörligt ombytte poler och förbränningen blef jämn äfven med lika grofva kol. Det var denna användning af växelströmmen, som, enligt hvad redan i det föregående blifvit omnämndt, föranledde konstruerandet af Grammes växelströmmaskin. Men så länge man ännu behöfde en särskild maskin för elektromagneternas matande, var det mer omständligt att begagna växelström än likriktad ström, och man hade därför icke så orätt, när man betecknade detta såsom en brist hos uppfinningen. Denna omständighet var likväl af mera underordnad natur. Större betydelse hade ljusens jämförelsevis korta brinntid af blott två timmar. För att erhålla ungefär åtta timmars brinntid måste man således ha fyra ljus i en lampa och inrätta denna så, att det utbrända ljuset genom en självverkande omkopplare ersattes med ett nytt. Slutligen var det en betänklig brist hos hela systemet, att om ett ljus slocknade, detta medförde hela strömkretsens afbrytande och släckandet af alla ljus, som voro inkopplade i samma strömkrets.

Sollampan. Några år efter det Jablochkoffs uppfinning sett dagen konstruerade *Leroux* en båglampa, hvari kolstängerna stå midt emot hvarandra men äro åtskilda af ett oförbränneligt mellanstycke, på sätt som ofvan antyddes i fig. 162. Detta var den så kallade *sollampan*. Mellanstycket utgöres af en marmorbit (fig. 164)

infattad uti en ram, och på båda kortsidorna försedd med skålformiga fördjupningar, inbördes förenades genom en kanal, som till nästan hela sin längd öppnar sig genom en vid konisk urtagning uti marmorbitens undre sida. Dessa fördjupningar omfatta de båda kolens afrundade ändar, hvilka genom fjädrar hårdt tryckas mot deras botten. Det ena kolet är genomborradt längs midtlinien och innesluter ett fritt liggande kolstift, som kan skjutas fram genom kanalen i marmorstycket ända till det andra kolet. När strömmen slutes, drages detta kolstift genom inverkan af en elektromagnet tillbaka, och därmed uppstår ljusbågen mellan de båda kolspetsarna. Sedan upphettas marmorstycket till hvitglödning, och ljuset därifrån och från ljusbågen kastas fram genom den undre öppningen. Alltefter som kolen förtäras, skjutas de af fjädrarna städse mot fördjupningarnas väggar och bibehålla alltså samma konstanta afstånd.

Lampans ljus är synnerligen lugnt och till färgen gulaktigt såsom solljuset — däraf dess namn: sollampan — icke blåaktigt såsom eljest vid båglampor. Orsaken därtill äro de talrika röda strålar, som utsändas af det glödande marmorstycket. Lampans enkla beskaffenhet, dess okänslighet mot växlingar i strömstyrkan och dess långa bränntid — 15 till 16 timmar — skulle tillförsäkra den en stor användning, om blott icke driftkostnaderna ställde sig väsentligt högre än för vanliga båglampor.

Fig. 164. Sollampans brännare.

Ett intressant exempel på användande af sådana lampor erbjuder belysningen af tafvelgallerierna och biblioteket m. m. i Kensingtonmuséet i London. Denna utgöres af 40 sollampor, hvardera med en ljusstyrka om vid pass 1,200 normalljus. Motorn utgöres af en ångmaskin om 80 indikerade hästkrafter, som drifver 4 Grammes växelströmmaskiner jämte 2 tillhörande likströmsmaskiner för matning af de förras elektromagneter. Växelströmmaskinerna hafva en hastighet af 1,000 hvarf i minuten och mata hvardera två ledningar om 5 lampor i hvarje. Strömstyrkan i hvarje lampa är 8,5 ampère och spänningen 160 volt. Lampornas tändning sker mekaniskt genom att höja en liten, uti ett snöre hängande motvikt, hvarvid en spiralfjäder medelst kugghjul och kuggstång framskjuter det smala kolstiftet, tills det träffar den andra kolspetsen, hvarvid den elektriska strömmen alltså slutes. När vikten åter släppes, spännes spiralfjädern å nyo och kuggverket drager kolstiftet tillbaka, hvarvid ljusbågen bildas. Denna utvecklas fullständigt under $^1/_2$ till $^3/_4$ minut. Belysningen är jämn och angenäm, men skenet icke på långt när lika starkt som vid lampor med vertikala spetsar. De småningom förbrända marmorbitarna måste naturligtvis tid efter annan ersättas med nya.

Kontakt-glödlampor. Jämsides med dessa sträfvanden att göra båglamporna användbara för seriekoppling fortgingo äfven andra, i syfte att kunna åstadkomma en minskning af ljusstyrkan och på samma gång af strömförbrukningen. Resultatet häraf blef de elektriska lampor, som fått namnet *kontakt-glödlampor*, och

kunna anses som ett mellanting mellan båglamporna och de längre fram omtalade glödlamporna.

Ledes en ström genom två smala kolstänger, hvilkas spetsar beröra hvarandra, så komma — såsom vi redan veta — spetsarna i liflig glödning på grund af strömmens koncentrerade verkan på beröringsstället. Denna verkan kan man använda för att åstadkomma mindre starka ljuskällor. Werdermann har visat, att det är fördelaktigt att betydligt öka den negativa elektrodens tvärskärning i förhållande till den positiva, emedan i detta fall den förra nästan icke alls upphettas och icke förtäres, medan den positiva spetsen kommer i liflig hvitglödning och strålar ut ett lugnt, klart ljus. Efter dessa principer hafva flera olika lampor konstruerats och äfven erhållit någon användning. Men de egentliga glödlampornas framträdande hade till följd, att alla dessa kontakt-glödlampor snart försvunno, och man påträffar dem numera blott såsom demonstrationsapparater i laboratorier. En ganska enkel kontakt-glödlampa är konstruerad af Fein i Stuttgart (fig. 165). I röret *R*, som är fylldt med vatten, befinner sig en flottör *W*, hvilken af vattnets lyftkraft pressas uppåt och sträfvar att skjuta fram den på honom sittande smala kolstången. Öfre änden af denna stång genomgår en platinahylsa, hvilken tjänar både som styrning och strömledare; stången stöder med sin spets mot ett kopparhjul, som är förenadt med strömkällans negativa pol. I följd af öfvergångsmotståndet mellan kolspetsen och kopparhjulet blir den förstnämnda hvitglödande och utstrålar ljus. I mån af förbränningen frammatas kolet af flottören, så att det alltid hvilar mot kopparhjulet. Blir detta vid beröringsstället något afnött, kan det vridas så, att en oskadad del kommer i kontakt med kolstången.

Fig. 165. Kontaktglödlampa.

Denna korta beskrifning må vara nog till förklaring af principen för detta slag af elektriska lampor, hvilka, såsom nyss nämndes, numera sakna praktisk betydelse.

Differentiallampor. Någon tid efter Jablochkoff lyckades det v. Hefner-Alteneck att konstruera en regulatorlampa, som frammatar kolstängerna i mån af deras förbränning, men utan att härvid den ena lampan blir beroende af den andra. Detta ernådde uppfinnaren genom att låta regleringen afse icke omedelbarligen själfva afståndet mellan kolspetsarna utan ett *konstant motstånd* i ljusbågen. Om vid sådana lampor strömkällan lämnar konstant ström, då kommer också hvarje lampa att erhålla konstant spänning i ljusbågen och konstant afstånd mellan kolspetsarna.

För detta ändamål är lampan så inrättad, att en *stigande spänning* föranleder kolspetsarnas närmande, men en *växande strömstyrka* deras aflägsnande från hvarandra. Vid kolens närmande minskas spänningen i ljusbågen och samtidigt äfven den därpå beroende sammanförande kraften, ända till dess densamma kommer i jämvikt med den af strömstyrkan alstrade motverkande kraften. Vore kolens afstånd

från början mindre än det normala, så komme sistnämnda motverkan att få öfverhand och föra kolen ifrån hvarandra, till dess spänningens stigning förmår återställa jämvikten.

Vi skola nu förklara detta med hänvisning till en mycket enkel mekanism (fig. 166), som framdeles återkommer i mera utvecklad form.

Den ena kolspetsen är orörlig, den andra är fäst vid en järnstång, som genomgår tvenne induktionsspolar, af hvilka den bakre är lindad med gröfre tråd. Genom denna spole går *hufvudströmmen*, d. v. s. den ström, som alstrar ljusbågen, och för detta ändamål är spolens ena ände förenad med strömkällans positiva pol och den andra med järnstången. Strömmen går således genom spolen till den rörliga kolspetsen, därifrån genom ljusbågen till den fasta spetsen och vidare tillbaka till strömkällan. Den främre spolen är lindad i många hvarf med fin tråd, hvaraf den ena änden är förenad med den rörliga kolspetsen, den andra med den fasta. Ju större spänningen är i ljusbågen, d. v. s. mellan båda kolspetsarna, eller som är detsamma mellan ändarna af den sist omtalade, fina tråden, desto starkare blir också den ström, som genomgår denna *grenledning*. Men en induktionsspole, omkretsad af en elektrisk ström, sträfvar, såsom redan förut omtalats, att indraga en i densamma instucken rörlig järnkärna. *Hufvudströmmen*, den bakre spolen, sträfvar därför att draga kolet till *höger*, *grenströmmen*, den främre spolen, att föra det åt *vänster*.

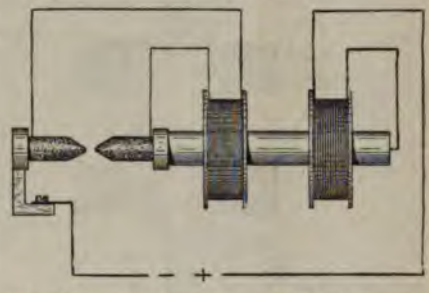


Fig. 166. Principen för en differentiallampa.

Antagom nu att kolen beröra hvarandra och att ström påsläppes. Då i detta ögonblick endast ett försvinnande ringa motstånd förefinnes mellan kolen, således också knappast någon spänningsskillnad, så är strömstyrkan i grenledningen och dess spole nästan lika med noll. Denna spole kan därför icke heller utöfva någon inverkan på järnkärnan utan måste tillåta hufvudströmmen att draga järnstången åt höger. Därigenom aflägsnas kolspetsarna från hvarandra, ljusbågen uppstår, och spänningen däri stiger i mån som afståndet mellan kolspetsarna ökas. Men samtidigt växer ock den kraft, hvarmed spolen i grenledningen verkar på järnstången, och når slutligen den höjd, att den förmår hålla jämvikten mot den andra spolens dragning åt motsatt håll. Järnstången stannar därför i sin rörelse och förblifver stilla. Men så snart afståndet mellan kolspetsarna och därmed äfven spänningen i ljusbågen ökas, växer äfven den vänstra spolens dragningskraft, så att den öfvervinner hufvudspolens och skjuter järnstången åt vänster, till dess afståndet minskats och spänningen sjunkit så mycket, att båda spolarna åter kunna »hålla hvarandra stången».

Denna anordning med två spolar, hvilka verka i motsatta riktningar, har förskaffat lampan namnet *differentiallampa*, hvilket namn dock icke är fullt betecknande för saken. Så länge strömstyrkan kan anses alltid vara konstant, blir äfven hufvudspolens verkan konstant; den gör samma nytta som en konstant motkraft, hvilken som helst, och kunde ersättas med en motvikt. Men ändras strömstyrkan, så ändras jämväl det afstånd mellan kolspetsarna, vid hvilket jämvikt äger rum mellan de båda spolarnas verkan; då nu spolarnas verkan växer på samma gång som strömstyrkan i deras lindning, men denna åter i hufvudspolen är proportionell

mot hufvudströmmens styrka och i den andra spolen är proportionell mot spänningen i ljusbågen, så komma vid denna reglering hufvudströmstyrka och spänning vid jämvikt alltid att stå i bestämdt förhållande till hvarandra. Då nu vidare förhållandet mellan spänning och strömstyrka enligt Ohmska lagen är lika med motståndet i ledningen, det vill här säga ljusbågen, så är detta bestämda förhållande liktydigt *med ett bestämdt motstånd*, för hvilket de båda spolarna gemensamt söka att afpassa ljusbågen.

Ville man i stället för hufvudströmmens spole använda motvikt, då blefve resultatet icke ett oförändradt motstånd utan blott en viss, bestämd spänning i ljusbågen. Äfven detta regleringssätt kan begagnas för seriekopplade lampor, dock endast under vissa förutsättningar. I allmänhet är motståndsreglering att föredraga, således användning jämväl af hufvudströmsspole.

Differentiallampor med koppling. Det bör nu vara lätt att förstå olika konstruktioner af differentiallampor. De kunna med hänsyn till konstruktionen sär-

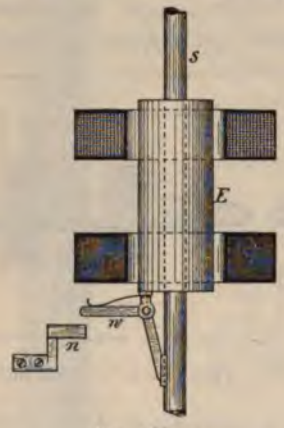


Fig. 167.
Regleringsanordning med koppling.

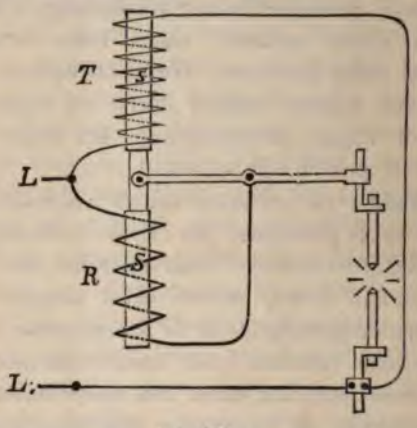


Fig. 168.
Schema för v. Hefner-Altenecks differentiallampa.

skiljas i tvenne grupper, den ena omfattande sådana lampor, uti hvilka kolhållaren förflyttas *till hela sin längd*, den andra däremot de lampor, uti hvilka spolarnas verksamhet inskränker sig till *blott den reglerande rörelsen*, medan den egentliga *frammatningen* åstadkommes på sådant sätt, att öfre kolhållaren *löskopplas* från den egentliga regleringsmekanismen och får *nedsjunka* af sin egen tyngd, till dess kolspetsarna kommit på det rätta afståndet från hvarandra, då den åter fastkopplas.

Fig. 166 har visat ett exempel på det första slaget lampor; i fig. 167 framställes schematiskt, huru en lampa af det senare slaget kan tänkas vara anordnad. En tämligen kort, ihålig järnkärna E, som balanseras af lämpligt afpassade motvikter, påverkas af de båda spolarna på nyss beskrifvet sätt. Kolhållarstången s är så noga inpassad, att den kan stadigt glida genom urborrningen. Järnkärnan har nedtill en vinkelhäfstång w, hvars ena ben medelst en fjäder tryckes mot kolhållaren och således hindrar denna att af sin egen tyngd glida nedåt. Ju mer kolen förbrännas, desto längre sjunker järnkärnan, för att hålla ljusbågen på det bestämda afståndet. Till sist har den sjunkit så långt, att vinkelhäfstångens w öfre arm stöter emot en klack n; om sjunkningen fortsättes, föres dess andra arm från kolhållaren,

så att denna fritt kan glida nedåt. Kolhållaren är nu *löskopplad*. Men därigenom förkortas ljusbågen, spänningen sjunker och järnkärnan drages åter uppåt af hufvudströmspolen. Häfstångens öfre arm upplyftes från klacken, och den andra trycker åter mot kolhållaren, som på nytt *fastkopplas* med kärnan. En anordning rätt och slätt af denna beskaffenhet vore emellertid jämförelsevis grof, och den har här beskrifvits blott för att utgöra ett exempel på, huru kopplingsinrättningen verkar.

Man inser lätt, att båglampor med sådan från- och tillkoppling blifva något komplicerade, och det vore därför måhända lämpligast att först

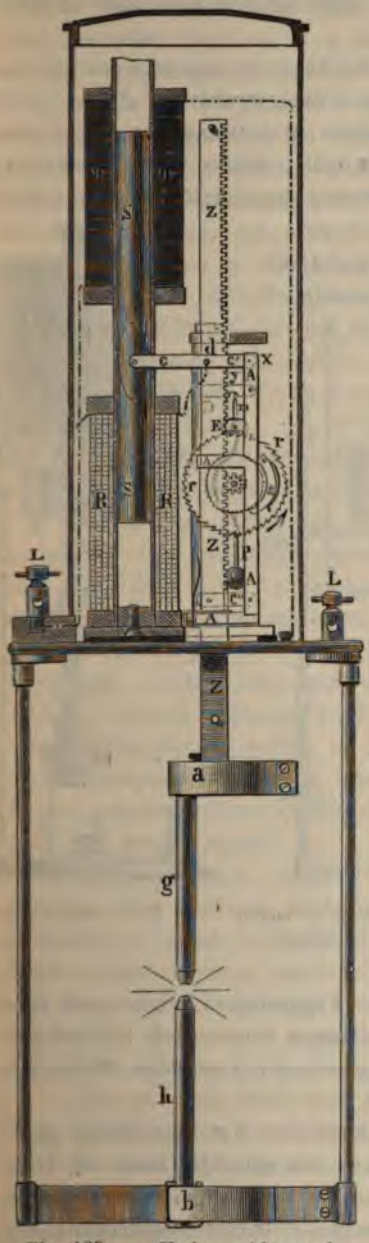


Fig. 169. v. Hefner-Altenecks differentiallampa; genomskärning.

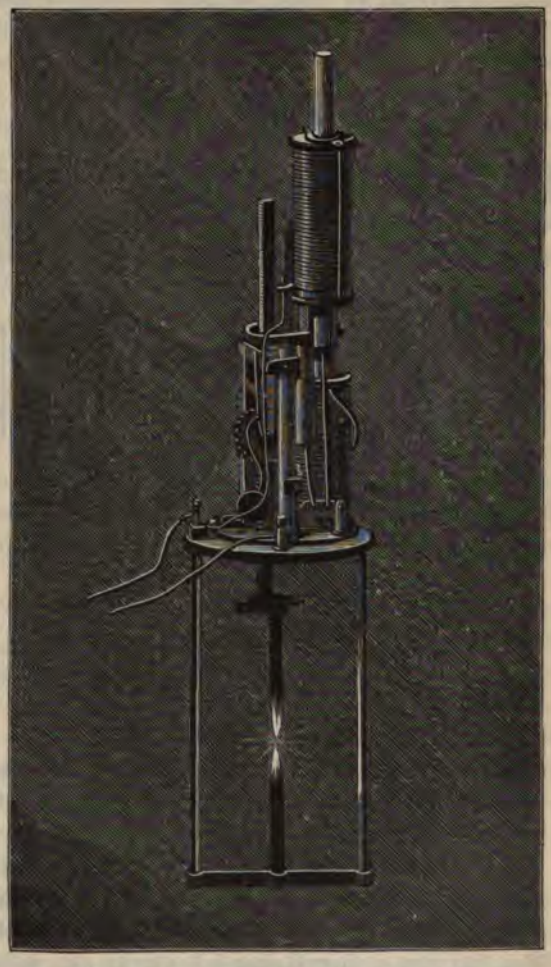


Fig. 170. v. Hefner-Altenecks differentiallampa; totalbild.

redogöra för den förstnämnda gruppens lampor. Men redan den första differentiallampan var försedd med dylik mekanism. För att bibehålla den historiska ordningsföljden lämna vi försteget åt denna grupps lampor.

Denna första båglampa, medelst hvilken en delning af det elektriska ljuset verkligen blef möjlig, uppfanns år 1878 af v. Hefner-Alteneck och användes första gången 1879 under industriutställningen i Berlin, för att belysa den s. k. Passagen i denna stad, den *första anläggning*, där samtidigt flera båglampor matades från en maskin.

Lampans anordning skiljer sig i ett mindre väsentligt afseende från den typiska form, som vi nyss framställt. Den af spolarna påverkade järnkärnan S (fig. 169) är nämligen förenad med den öfre kolhållaren medelst en häfstång, hvars ena arm är direkt fäst vid dennas midt, medan den andra håller själfva kolet. Spolarnas inkoppling och lindning äro de förut beskrifna. Lampans sammansättning i sin helhet visas af fig. 170.

Förutom de båda spolarna R och T med den däruti rörliga järncylindern S, utgöres mekanismen af ett spärrhjul r,

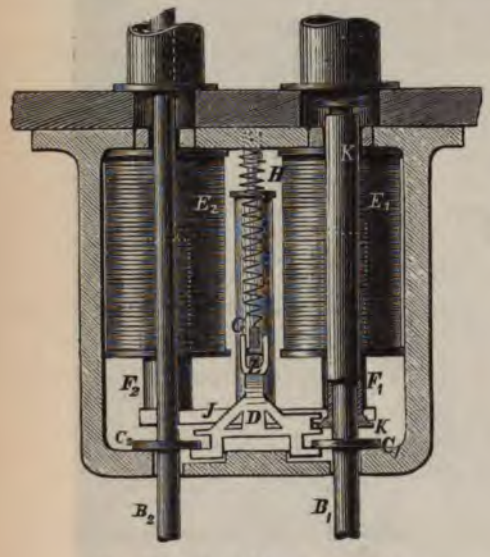


Fig. 171. Brush-lampans regulator.

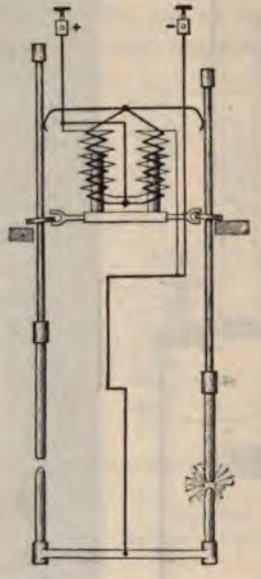


Fig. 172. Ledningarnas anordning i Brushs lampa.

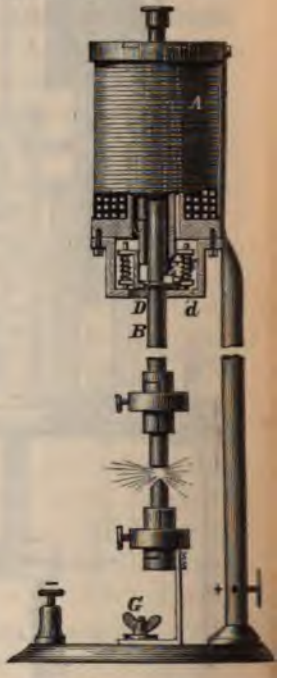


Fig. 173. Brushs lampa.

en kuggstång z och en pendel p med ankare E. Kuggstången förenas med järncylindern genom en häfstång c, i hvars andra ände hänger ramen AA, hvilken uppbär spärrhjulet med dess lilla dref. Å kuggstångens nedre ände sitter hållaren a med kolet g.

När ramen AA höjes, nedtryckes en vid densamma fäst liten klinka y och omfattar pendelns öfre ände m, så att pendel, ankare och spärrhjul låsas och kuggstången följaktligen fast förenas med ramen AA, samt måste följa dennas rörelse. Men när ramen åter sänkes och därvid nått en viss punkt, upplyftes spärrklinkan y, pendeln blir fri, och kuggstången kan, till följd af sin tyngd, glida nedåt, därvid försättande spärrhjulet i rörelse. Denna regleras genom pendelns ankartänder, så att kolstången jämnt och sakta glider nedåt.

Detta är tydligen hvad till en början måste ske, till följd af hela mekanismens tyngd, när lampan är utan elektrisk ström. Då denna påsläppes, blir förloppet

följande. Genom kolspetsarna, som då beröra hvarandra, går hufvudströmmen till den undre cylindern, hvaremot den öfre tills vidare endast får en mycket svag ström. Järncylindern neddrages, dess häfstång höjes vid X, lyfter ramen AA och med honom kuggstången samt öfre kolet, ljusbågen bildas och utdrages småningom till viss, bestämd längd, d. v. s. till dess, genom det sålunda småningom växande motståndet, spänningen i öfre spolen gifver denna kraft att kvarhålla järncylindern och således hämma kolspetsens stigning. Men då den fortgående förbränningen ökar afståndet och därmed äfven motståndet, växer äfven öfre spolens dragningskraft, järncylindern drages ytterligare uppåt, ramen sänkes, pendeln frigöres och härmed äfven spärrhjulet, så att kuggstång och kolspets åter kunna sjunka. Men mekanismen är så noga afpassad, att sänkning och höjning kring jämviktspunkten icke behöfva uppgå till mer än en bråkdel af en millimeter, förrän kopplingen träder i verksamhet, återställande det normala afståndet och därmed äfven motståndet i ljusbågen.

Dessa differentiallampor tillverkas i olika storlekar, afsedda för en strömstyrka af 3—55 ampère och med 6—18 timmars bränntid. De hafva funnit mycket vidsträckt användande, ehuru deras mekanism, onekligen mycket fin, utan tvifvel också är ganska invecklad.

Ojämförligt mycket enklare och mera lättfattlig är den af Charles Brush konstruerade båglampan (fig. 171—173). Regulatorn till denna lampa afbildas i fig. 171. Kring den finpolerade kolhållarstången B_1 ligger, med obetydligt spelrum, en metallring C_1. Så länge denna förblifver horisontal, kan stången fritt glida ned, men om ringen lyftes vid sin ena sida, så att den kommer snedt mot stången, måste den till följd af friktionen snart fastna och kvarhålla denna samt, vid fortsatt rörelse uppåt, taga stången med sig. Ringens rörelse åstadkommes genom ett gaffelformadt stycke D, hvilket höjes och sänkes af spolarnas järnkärnor. Men om ringen och stången, sålunda hopkopplade, åter sjunka så långt, att ringens lägsta del å nyo får stöd mot lamphusets botten, så kommer tydligen, vid fortsatt sjunkande, ringens läge att småningom blifva fullt horisontalt. Trycket och friktionen mellan stången och ringen minskas alltmera, och slutligen blir den förra å nyo fullkomligt fri och kan glida ned genom ringen.

Anordningen af spolarna i Brushs lampa afviker väsentligen från den, som begagnas af v. Hefner-Alteneck. De båda trådlindningarna ligga nämligen utanpå hvarandra å samma spole, men i olika riktningar, den gröfre innerst i få hvarf, den finare ytterst i många hvarf. Om således hufvudströmmens spole (fig. 172) sträfvar att draga järncylindern in i den gemensamma rullens kärnrör, så motverkas denna rörelse af strömmen i grenledningen, och denna kan slutligen vinna öfvertaget, så att kärnan kommer att sjunka ned.

Det nu sagda torde vara tillräckligt för att förstå Brush-lampans konstruktion. Dess utseende i sin helhet visas af fig. 173.

Å nyare Brush-lampor förekomma alltid två par kolhållare och således två par kolspetsar, af hvilka det ena paret kommer i verksamhet, när det andra brunnit slut. Därigenom fördubblas bränntiden, så att denna lampa kan lysa oafbrutet i 16 timmar, i stället för att äldre lampor med endast ett par kolspetsar icke kunde komma längre än till 8 timmar, hvilket icke är nog för belysning under en hel natt. När strömmen påsläppes och börjar verka, lyftes först den ena af de båda öfre kolhållarna, så att dess kol skiljer sig från den motsvarande undre kolstången. Strömmen kan då passera endast genom det andra paret kolspetsar, hvilka ännu äro

i beröring med hvarandra. Men då det gaffelformiga stycket höjes ännu mer, fattas slutligen äfven den andra kolhållarstången och medföljer uppåt, så att ljusbågen bildas mellan det senare paret kolspetsar. Det förra parets kolspetsar förblifva åtskilda utan någon ljusbåge, ända tills det andra kolparet slutbrunnit. Denna olika höjning åstadkommes helt enkelt därigenom, att gafflarna, som omfatta ringarna, hafva olika vidd, så att den enas nedre klo ligger något djupare än den andras.

Brush kan anses vara den, som hittills drifvit bågljusets delning längst; han insatte ända till 60 båglampor i samma strömbana och behöfde naturligtvis därtill maskiner med mycket stor elektromotorisk kraft, såsom vi äfven redan hafva omtalat (sid. 55, 56).

Brush-lampan, som i närvarande stund knappast torde hafva någon praktisk användning hos oss — i Amerika begagnas den i stor utsträckning —, är dock nära förbunden med den elektriska belysningens historia i vårt land. På hösten 1881 utfördes nämligen genom Ludvig Fredholms försorg en profbelysning i Stockholm med 16 stycken Brush-lampor, uppsatta å Gustaf Adolfs torg, Norrbro och Mynttorget. De tändes första gången den 16 september, vid konungens afresa till Karlsruhe i och för kronprinsens förmälning. Profbelysningen fortgick en månads tid och utföll i det hela taget till allmän belåtenhet. Denna profbelysning är märklig ej blott därför, att den var det första försöket i vårt land att för verklig gatubelysning använda det elektriska bågljuset, utan äfven i det afseendet, att den kan betraktas som uppslaget till bildandet af vårt första elektriska aktiebolag, Elektriska aktiebolaget i Stockholm, sedermera utvidgadt till Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, hvilket företag under Ludvig Fredholms samt bröderna Jonas och Georg Wenströms skickliga och kraftfulla ledning utvecklats till en efter våra förhållanden verklig storindustri.

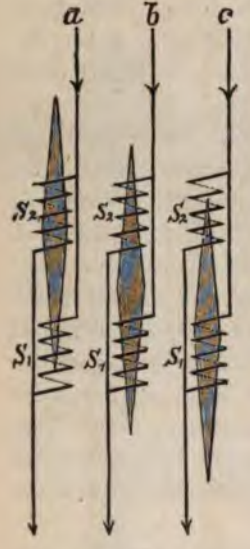


Fig. 174. Järnkärnan och de båda spolarna i olika ställningar till hvarandra vid en Krizik-lampa.

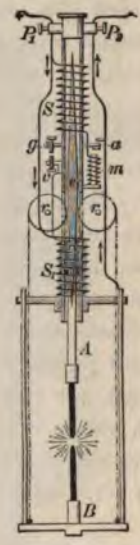


Fig. 175. Krizik-lampan; äldre konstruktion.

Differentiallampor utan koppling. Principen för en sådan differentiallampa af enklaste slag är redan framställd i fig. 166. Den frågan ligger utan tvifvel nära till hands, hvarför man skall använda den mera komplicerade mekanismen med koppling, då man kan på ett enklare sätt omedelbart åstadkomma kolspetsarnas rörelse förmedelst de båda spolarna. Orsaken är den, att en trådspoles verkan på en järnkärna beror icke endast af spolen, d. v. s. af antalet trådhvarf och strömstyrkan däri, utan äfven af järnkärnans ställning i spolen. Denna verkan blir allt svagare, ju mera järncylinderns midt närmar sig spolens midt. I följd häraf skulle, vid en anordning sådan som den i fig. 166 framställda, förhållandet mellan de båda spolarnas inverkan på järnkärnan blifva väsentligt olika, om kärnans midt befinner sig inom grenströmsspolen eller inom hufvudströmsspolen, och ljusbågens reglering skulle åstadkomma motståndets *ökande* i mån af kolens förbränning.

Denna olägenhet skulle naturligtvis också göra sig märkbar i den Hefner-Alteneckska differentiallampan, därest den icke motverkades af den invecklade regleringsmekanismen.

Ett annat, mycket enkelt sätt att aflägsna densamma påfanns år 1880 af Krizik, vid den tiden österrikisk telegraftjänsteman i Pilsen. Han gjorde järnkärnan ej cylindrisk utan dubbelkonisk, från midten afsmalnande åt båda ändar. En induktionsspoles verkan på en sådan kärna blir nära nog konstant för alla dess lägen, och därför kunde Krizik, med denna modifierade anordning, åstadkomma en lampa, hvilken otvifvelaktigt är en bland de allra enklaste bland alla båglampor. Han hade också turen att finna en förlagsman för uppfinningen — hans namn var Piette —, och båda förenade nu sina ansträngningar för att göra lampan fullt praktiskt användbar. På detta sätt uppstod *Krizik-Piette-lampan*, efter sin härkomstort äfven kallad *Pilsen-lampan*. Till förklaring af dess verksamhet behöfva vi icke yttra något vidare utöfver hvad som blifvit sagdt angående fig. 166. Den enda olikheten härrör af järnkärnans säregna form (fig. 174). Såsom här synes, intager järnkärnan tre olika ställningar till de båda spolarna S_1 och S_2, hvilka sträfva att draga den inåt, och den befinner sig i alla tre lägena i jämvikt, för så vidt naturligtvis strömstyrkan i de båda spolarna betingar jämvikt; spolarnas inverkan har blifvit oberoende af kärnans ställning, visserligen icke taget i strängaste mening, men inom praktiska gränser. Man torde därför utan vidare kunna förstå den i fig. 175 framställda lampmekanismen. Järnkärnan *e* är innesluten i ett mässingsrör, som glider mellan de båda rullarna *rr*. Vid densamma är det öfre kolet *A* fäst. Hufvudströmmen går genom spolen *S*, grenströmmen genom den undre S_1.

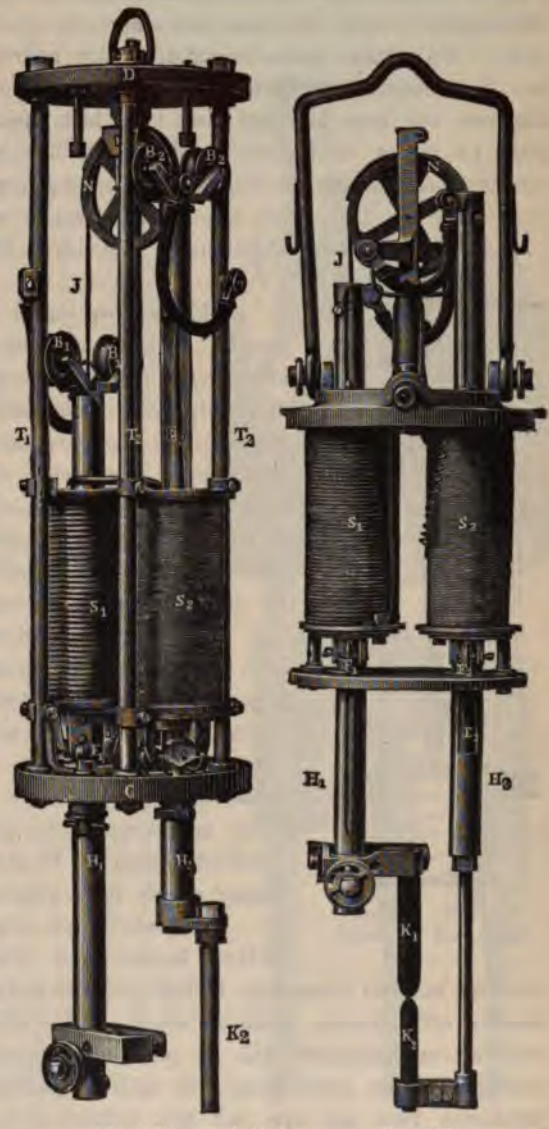


Fig. 176. Krizik-lampan; Fig. 177. nyare konstruktion af Schuckert & C:o.

I denna form var lampan dock behäftad med den olägenheten att vara ganska lång och därför vid flera tillfällen obekväm att använda. Firman S. Schuckert i

Nürnberg, som öfvertog tillverkningen af denna lampa, vidtog därför den förändringen att dela kärnan på midten och hänga de båda hälfterna bredvid hvarandra, förenade genom ett öfver en rulle löpande snöre. Spolarna behöfde nu icke anbringas öfver hvarandra utan kunde ställas jämsides. Denna nyare anordning visas i fig. 176 och 177. Hufvudströmmen går genom spolen S_1, grenströmmen genom S_2. Mässingsröret, som genomgår den senare, är genomskuret, så att den koniska kärnan synes. En likadan kärna inneslutes i den andra spolens rör. Vid rörens öfre ändar äro fästa ledningssnören för strömmens öfverförande till kolen. Rören uppbära kolhållarna, och man kan lätt inse, huru båda kolen föras mot hvarandra. Då nu till följd af dessas olika tjocklek det undre förbrinner ungefär lika fort som det öfre, vinnes jämväl genom en sådan anordning den fördel, att själfva ljuspunkten bibehåller sitt läge i det närmaste oförändradt och förflyttas icke, såsom förhållandet blir vid de förut beskrifna båglamporna.

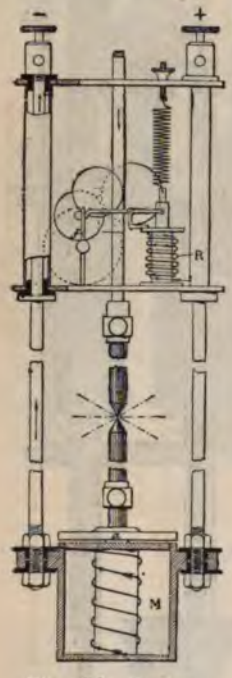


Fig. 178. Sellons lampa med fallrörelse.

Båglampor med ensidig rörelse. I de differentiallampor, hvilkas hufvudtyper vi i det föregående lärt känna, afser regleringsmekanismen både att höja och sänka kolet. Mest utpräglad framträder denna dubbelrörelse uti Kriziklampan; vid lampor med kopplad rörelse äger den däremot rum endast periodvis. Ganska många nyare lampor arbeta med matning endast åt ena hållet, i det att kolen, i mån af förbränningen, skjutas fram eller få nedsjunka, hvilket ju emellertid äger rum äfven vid lampor med koppling, nämligen för den längre förflyttningen eller gröfre inställningen.

Vid lampor af denna art förekommer, med undantag blott för ljusbågens första bildande, intet lyftande af kolhållaren. Om ljusbågen blifvit för stor, kunna dessa lampor antingen blott minska spänningen, om denna stigit för högt, eller öka strömstyrkan, om denna sjunkit för mycket; där behöfs således icke mer än *en* regleringsspole, som i förra fallet är inkopplad uti grenledningen men i det senare insatt i hufvudledningen. Vi skola till en början taga i betraktande lampor af det förra slaget.

Ett enkelt och typiskt exempel härå lämnar den af P. Sellon konstruerade lampan (fig. 178). Det öfre kolet är förenadt med en kuggstång, hvilken vid sitt nedsjunkande sätter ett driffhjul i rörelse. Genom ett hjulverk meddelas denna rörelse till ett hastigt roterande vindfång, som reglerar nedsjunkandet till en passande, långsam rörelse. En fintrådig spole R är inkopplad i en grenledning till själfva ljusbågen. I denna spole kan en vertikal järnkärna röra sig upp och ned, hvilken med sin öfre ände är fäst vid en fjäder. Ju större spänningen blir i ljusbågen, desto kraftigare verkar spolen till att neddraga järnkärnan. Men med järnkärnan är förenad ena armen af en liten häfstång, hvars andra arm spärrar vindfånget, till dess denna vid järnkärnans neddragning slutligen släpper vindfånget fritt. Detta inträffar, då ljusbågens längd och motstånd öfverskridit de normala och därmed äfven spänningen stigit för högt. Kuggstången kan nu sjunka ned, och därmed sjunker äfven spänningen uti ljusbågen, järnkärnan höjes å nyo ur spolen och vindfånget hämmas af häfarmen. På detta sätt frigöres kugg-

stången med korta mellantider och sjunker för hvarje gång en bråkdel af en millimeter, motsvarande kolens förbränning.

Ljusbågens bildande vid lampans tändning åstadkommes på följande sätt. Den mindre kolhållarstången är instucken uti en cylindrisk elektromagnet M och hvilar där på en spiralfjäder, som trycker den uppåt, samt är strax ofvanför elektromagnetens öfre kant försedd med en krage a, hvilken kan tjänstgöra som ankare. Vid strömmens påsläppning passerar den från det undre kolet genom elektromagnetens lindningar, ankaret attraheras, och det undre kolet aflägsnas några millimeter från det öfre, så att ljusbågen kan bildas.

Till båglampor med ensidig rörelse är äfven att räkna Siemens & Halskes så kallade *bandlampa*, hvilken erhållit detta namn, därför att den öfre kolhållaren hänger i ett kopparband, på samma gång tjänande att föra strömmen till kolet.

Bandlampan kan anordnas äfven för seriekoppling, men i regel är den afsedd för parallelkoppling. Den är då anordnad såsom biledningslampa utan hufvudströmsspole och försedd endast med en elektromagnet insatt i en biledning. Fig. 179, 180 visa anordningen af en sådan biledningsbandlampa.

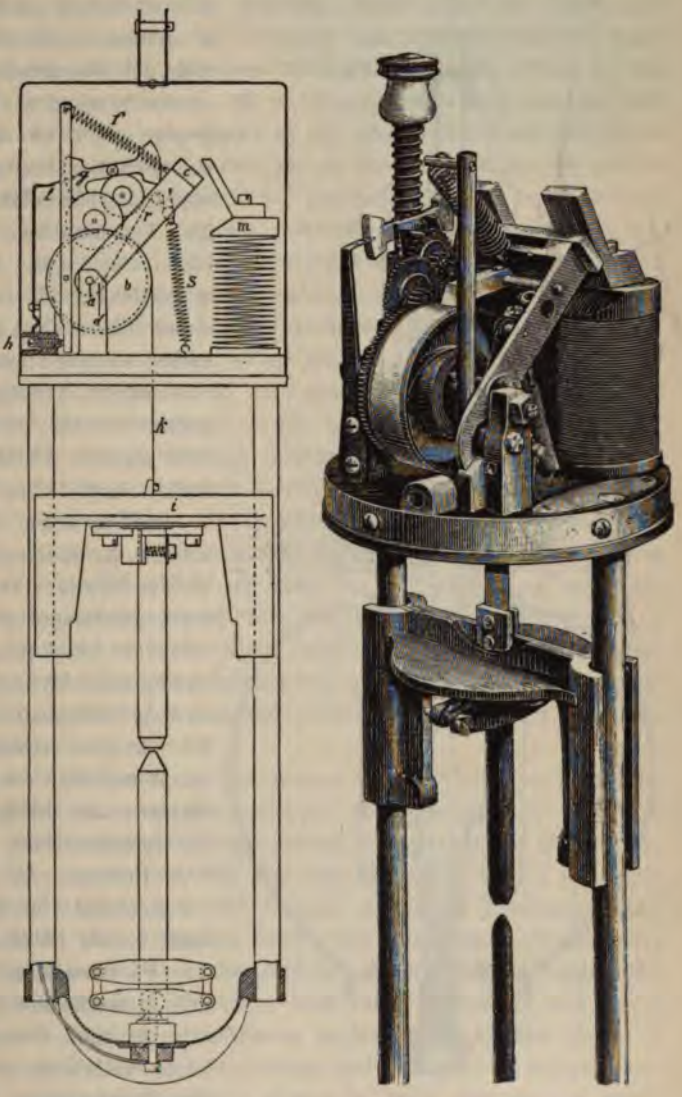


Fig. 179. Siemens & Halskes bandlampa. Fig. 180.

En lutande ram r, nedtill vridbar kring tapparna a, uppbär en trumma eller rulle b och ett hjulverk, samt vid sin öfre ände ett järnankare c. Trumman kan rotera kring axeln d och står genom ett kugghjul i utväxling med hjulverket. Kring densamma ligger kopparbandet k, som vid aflindning sätter löpverket i rörelse. Ankaret c är rörligt mot elektromagneten m och attraheras af denna. Den öfre kolhållarens

tyngd och spolens attraktion sträfva att vrida ramen nedåt och sålunda sänka kolet. Denna rörelse motverkas af fjädern *f*. Då ramen höjes, ingriper en balans *g* till hjulverkets spärrande, hvaremot, om ramen vridit sig ett litet stycke nedåt, hjulverket blir fritt, kopparbandet kan aflindas och kolhållaren sänkas.

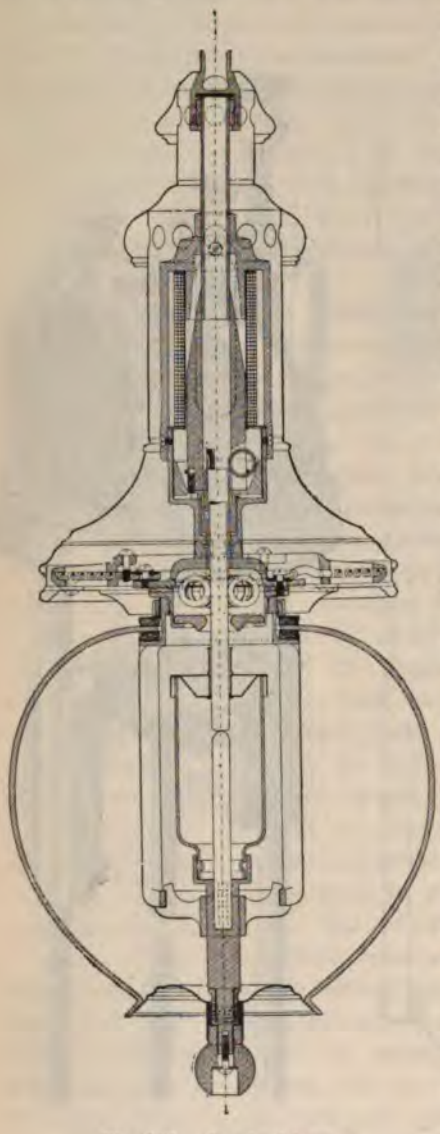


Fig. 181. Jandus'-lampa.

Mekanismen reglerar på följande sätt. När strömmen påsläppes, intager ramen i följd af spolens starka magnetisering sin lägsta ställning och kopparbandet aflindas ända tills kolen beröra hvarandra. Då tar strömmen sin väg genom kolen och spolen förlorar nästan hela sin attraktionskraft. Fjädern *f* drager ramen uppåt, ljusbågen bildas, och hjulverket hämmas. Men i samma mån som kolen förbrännas och bågen förlänges, växer småningom spolens magnetiska kraft, och ramen kommer efter en stund till ett slags jämviktsläge, som den bibehåller, så länge lampan brinner, och vid hvilket den minsta ytterligare nedvridning af ramen genast har till följd, att bandet afvecklas ett litet stycke. Detta upprepas oafbrutet med korta, regelbundna mellantider.

Äfven dessa Siemens-lampor ha funnit mycken användning och i vårt land flerestädes blifvit införda. De äro icke så dyra som differentiallamporna och hafva den stora fördelen att lätt kunna regleras för olika strömstyrka samt äfven kunna användas i samband med glödlampbelysning. De tillverkas både för likriktad ström och växelström, de förra uti 3 storlekar för 1—3, 3—9 eller 10—35 ampère. De båda sistnämnda hafva 10, 13, 18 timmars lystid, den minsta däremot endast $8^1/_2$ timmar. Af växelströmlamporna finnas två storlekar: för 3—16 och 17—35 ampère samt 9, 12, 16 timmars lystid.

På senaste tid har en ny båglampa kommit i marknaden, hvilken låtit rätt mycket tala om sig. Denna lampa, efter sin uppfinnare, amerikanaren W. Jandus, benämnd *Jandus-lampan*, torde kunna vänta sig en vacker framtid, om den visar sig ekonomisk och passande för de praktiska behofven. Ty framför de äldre båglamporna erbjuder Jandus-lampan särskildt tvenne, vid många tillfällen ganska värdefulla fördelar. Den ena är, att lampan mycket väl kan brinna med 105—110 volts spänning och således insättas och begagnas ensam i vanliga glödlampsledningar, hvaremot man af andra båglampor alltid måste använda tvenne tillsammans, så vida man icke ville tillgripa den oekonomiska utvägen att ersätta

den ena med ett motstånd, som till ingen nytta förbrukar den energi, lampan skulle kräft. Den andra och kanske viktigaste fördelen är denna lampas långa bränntid. Vid vanliga båglampor öfverstiger bränntiden i regel icke 20 timmar, under det att Jandus-lampan uppgifves kunna brinna 150—200 timmar, innan nya kol behöfva insättas.

Fig. 181 visar en genomskärning af denna lampa. Liksom i den Schuckertska Pilsenlampan är järnkärnan konisk upptill, hvarmed alltså afses att erhålla en närmelsevis konstant lyftkraft, oberoende af kärnans läge i förhållande till trådspiralen eller den s. k. »solenoiden». Kärnans förlängning upptill bildas af ett mässingsrör, som kan glida upp och ned uti en å lamphusets lock anbragt muff och sålunda styra rörelsen. Nedtill styres denna af ett mässingsfoder uti lamphusets fotstycke. Kolets matningsrörelse regleras vidare på ett särdeles sinnrikt sätt genom en krans af fyra vertikala stålringar, inlagda uti genomgående spår i järnkärnans nedre del. Dessa ringar anligga med insidan mot öfre delen af kolstången och utvändigt mot en refflad, lutande yta. De sträfva följaktligen att falla tillsammans kring kolet och centrera detta, på samma gång som de, när kolet vill sjunka nedåt, gripa fastare tag därom. Men då, vid kolets förbränning, motståndet i ljusbågen ökas och solenoidens lyftkraft alltså minskas, glider kärnan nedåt, och därvid tryckas ringarna lindrigt uppåt utaf öfre randen af en i gjutjärnsfoten befintlig mässingshylsa, som omsluter kolet. Ringarna släppa då sitt tag och medgifva kolets framматning. Mest utmärkande för lampan är dock ljusbågens dubbla hölje, en yttre och en inre glob. Den yttre globen är öfverallt lufttätt förenad med lampan, undantagandes nedtill, där en öppning finnes, tillräckligt stor för handens införande vid lampans iordningställande, rengöring och kolning. Denna öppning tillslutes af ett utåt fjädrande plåtlock, som medgifver luft och gaser att fritt utströmma men däremot insläpper endast en begränsad mängd luft. Kolning och rengöring kunna verkställas genom nämnda öppning utan att någon lufttät tillslutning behöfver rubbas. Globens öfre del är genom asbestpackning lufttätt förenad med ramen, som uppbär den nedre kolhållaren, och hela denna underdel påskrufvas lampans öfverdel, som innehåller regleringsmekanismen.

Innergloben, som omsluter ljusbågen, har formen af en cylinder men är icke lufttätt sluten utan medgifver gasernas fria utlopp i den yttre globen. Den inre tjänstgör såsom ett slags luftförtunningskammare, medan den yttre afser att mottaga och magasinera förbränningsgaserna från den inre och därigenom hindra den syrehaltiga luftens tillträde till kolspetsarna. Då lampan tändes och ljusbågen bildas, upphettas och förtunnas luften inom cylindern och en del utströmmar till den yttre globen, utdrifvande en motsvarande kvantitet kall luft genom den fjädrande plåtbottnen. Syret i innergloben förenar sig snart med kolet till koloxid, och denna bildar jämte det kvarvarande kväfvet en indifferent gasblandning, hvilken såsom en skyddande mantel omgifver innergloben och motverkar syrets tillträde till kolspetsarna.

Detta är orsaken, hvarför kolen kunna brinna så länge och utan att några nämnvärda fällningar af sot afsätta sig å den inre globen.

Jandus-lampans mekanism är mycket enkel, utan urverk, balanser eller kuggstänger, kommer således icke lätt i olag men är då lätt att reparera. Denna lampa tillverkas i Sverige utaf »de Lavals Elektriska Blockbelysning» i Stockholm.

Lamphus och ballonger. Båglampornas ömtåliga mekanism fordrar skydd mot yttre skadliga inverkningar; utan sådant skydd skulle damm, fuktighet och

mekaniska påverkningar snart göra lampan obrukbar. Man omgifver därför regleringsmekanismen med ett plåtomhölje, som likväl bör kunna lätt borttagas i och för tillsyn af mekanismen. Fig. 182 och 183 visa ett sådant lamphus för en Siemens & Halskes differentiallampa.

Men då bågljuset i de flesta fall är alltför skarpt att kunna användas obetäckt, så omgifves det med en genomskinlig glasballong. Förut begagnades vanligen mattslipadt glas, men numer användes mestadels opalglas, d. v. s. en glasmassa, hvilken genom inblandning af vissa ogenomskinliga beståndsdelar blifvit halfgenomskinlig. Ett sådant halfgenomskinligt glas sprider ljusskenet så, att det icke synes komma skarpt från en enda ljuspunkt, utan från en större yta.

Fig. 182.
Båglamphus.

Fig. 183.
Båglampa med fullständigt garnityr.

Glasballongen kan fästas omedelbart vid de båda lodräta stängerna, som uppbära de undre kolen, och så är vanligen fallet i de amerikanska lamporna. I Sverige liksom i Tyskland föredrager man att förse glasballongen med ett plåtgarnityr och ombilda den till en fullständig lykta, som förenas med båglampan. På detta sätt blir lampan bättre omsluten och skyddad, och det hela får därjämte ett prydligare utseende. Detta bättre skydd är i synnerhet af betydelse, när lamporna hänga i det fria. Fig. 184 visar en sådan båglamplanterna eller -lykta, upphängd å en stolpe.

Vid belysning af fria platser önskar man ofta, att ljuset skall kunna utstråla obehindradt åt alla sidor, och anbringar i sådant fall lanternan öfverst på spetsen af en lyktstolpe (fig. 185). En sådan anordning användes exempelvis vid belysningen af Karlavägen i Stockholm, ehuruväl med lanternor och stolpar af enklaste beskaffenhet.

Man har gjort sig ganska mycken möda för att åstadkomma vackra och prydliga båglamplanternor och obestridligen äfven lyckats framställa många tilltalande former. Dock har man ännu icke fullt förmått tillfredsställa smakens kanske väl långt drifna fordringar i detta afseende. Detta torde förnämligast bero på båglampans olämpliga form. Den cylindriska öfverdelen, som innesluter regleringsmekanismen, förhindrar hvarje friare formgifning, och man har i de flesta fall fått nöja sig med att förse denna »skorsten» med några mer eller

mindre prydliga tillsatser för att därigenom söka i någon mån upphjälpa dess osköna utseende.

På senaste tid har man konstruerat båglampor särskildt för begagnande inomhus och därvid betydligt förkortat regleringsmekanismen — exempelvis Siemens & Halskes förut omtalade bandlampa —, på det att lampan måtte kunna hängas så högt som möjligt i rummet. Då har man också varit i stånd att gifva lampan en vackrare form; »skorstenen» har blifvit en ornerad afslutning af lanternans öfre del. Men äfven dessa lampor äro långt ifrån att kunna kallas verkligt vackra, och man skall svårligen kunna gifva båglampan en gestalt, som berättigar ett sådant omdöme, så länge den ännu har att bära regleringsmekanismen som barlast.

Fig. 184. Båglampa, uppbängd å en lampstolpe.

Fig. 185. Båglamplanterna.

Upphängningsanordningar för båglampor. Tid efter annan måste lamporna förses med nya kolstänger. Upphängas de fast, måste man använda stege för att komma åt dem, hvilket icke alltid är lätt och oftast ganska obekvämt. Man föredrager därför att anordna upphängningen så, att lamporna kunna firas ned och kolen isättas från marken eller golfvet.

En båglampa bör icke upphängas omedelbart vid en arm eller stolpe af järn eller annat ledande material, utan man bör elektriskt skilja dem från hvarandra genom ett isolerande mellanstycke, vanligen i form af en porslinsrulle. Skälet härtill är följande. Lampans omhölje och mekanism stå ofta i ledande förbindelse med ledningens ena pol. Funnes nu ingen isolator mellan lamphuset och bärarmen, så skulle lampan befinna sig i ledande förbindelse med jorden; uti en strömbana med flera seriekopplade båglampor, mellan hvilka ju alltid en viss spänningsskillnad förefinnes, skulle strömmen på ett ganska betänkligt sätt kunna taga genvägar mellan lamporna. Detta förhindras genom det isolerande mellanstycket.

Är båglampan inrättad för höjning och sänkning, måste man tillse, att lampans ledningstrådar kunna följa denna rörelse. I allmänhet hänges själfva lampan i en smäcker lina, som upptill löper öfver en trissa och är nedtill fäst vid ett litet enkelt vindspel för lampans upphissande och nedfirande. Ledningstrådarna måste tagas så långa, att de räcka ned till lampan, när hon är nedfirad. Ett exempel på en sådan

anordning visar fig. 186, som afbildar en båglampstolpe, använd för den elektriska belysningen af gatan »Unter den Linden» i Berlin. Spelet befinner sig i stolpens nedre del; linan löper genom den ihåliga stolpen upp till trissan. Ledningstrådarna utgå längre ned på stolpens sida och medgifva tydligtvis lampans sänkande ett visst stycke nedåt.

Fig. 186. Båglampstolpe med hissinrättning.

Såsom af bilden synes, bidraga dessa i osköna bukter nedhängande ledningstrådar just icke till prydligheten af det hela. Till undanrödjande af denna olägenhet har man, vid anläggningar där den kan anses vara af betydelse, försökt att använda själfva hänglinan såsom strömledning. Men då måste man tydligen hafva två linor, och det ligger i så fall nära till hands att låta dem båda vara blanka, d. v. s. utan isolering, och löpa öfver metalltrissor samt förena deras andra ändar med en motvikt som balanserar lampan i hvilken höjdställning som helst på samma sätt som vid taklampor inrättade för höjning och sänkning. De båda trissornas axlar stå i förbindelse med de fasta ledningarna och förmedla sålunda strömmens öfvergång till kopparlinorna och vidare till lampan. En upphängningsanordning af detta slag visas i fig. 187.

Fig. 187. Ställbar båglampa med strömledning genom hänglinorna.

I Amerika brukar man understundom anordna båglampor för ytterbelysning på följande sätt. Man uppreser höga master eller ända till 75 m. höga belysningstorn af järn, och i dessas topp anbringas flera båglampor försedda med reflektorer. Lampornas bågljus dämpas icke genom något omgifvande glashölje, emedan från en så betydande höjd ögat icke träffas af det direkta ljuset. Då ett sådant torn lyser upp en ganska stor yta, blir ljuset tillräckligt fördeladt, och denna stora yta blir tämligen likformigt belyst och utan den ljusförlust, som användningen af matta glas medför. För våra förhållanden passa dock dylika högt upp i luften nående järnobelisker icke rätt väl, ledsamt nog, skulle man nästan vilja säga. Ty en belysning på detta sätt är mycket behaglig för ögonen. Skenet är angenämt och mildt, och ögat störes icke genom ett flertal skilda, bländande ljuskällor. I synnerhet å platser, där träd och buskar bortskymma mycket ljus, är en sådan belysning från ett fåtal höga punkter mera effektiv än med flera spridda lampor.

Man har äfven försökt att göra lampan tillgänglig från marken genom att anordna masten så, att den kan fällas ned så långt, att toppen med lampan kan nås. Ledningstrådarna fästas då längs den fällbara masten, dock så att de hvarken komma till hinder eller skada vid nedfällningen. Enligt en annan anordning upphissas lanternan längs masten på samma sätt som signallyktan å en vanlig järnvägssemafor. Hon släpar därvid, medelst lämpliga kontakter,

utmed två längs masten löpande men från densamma isolerade koppartrådar, hvilka utgöra ledningen.

Här kunde man nog göra sig den frågan, hvarför icke båda ledningstrådarna förenas till en enda hänglina, hvarmed lampan kunde hissas både upp och ned. Därtill har funnits ett ganska giltigt skäl, nämligen svårigheten att vid sådan användning tillräckligt skydda trådarnas isoleringsklädsel mot nötning och andra yttre mekaniska påverkningar; när man för sådant ändamål velat anbringa en ytterligare omklädnad, har linan blifvit för tjock och styf. På sista tiden synes man dock hafva öfvervunnit dessa svårigheter och verkligen lyckats åstadkomma en fullt duglig bärlina af detta slag. Med sådana linor äro exempelvis båglamporna upphängda i Stockholms järnvägscentralstation.

Tillverkning af båglampkol. Så länge det elektriska ljuset ännu betraktades endast som en kuriositet och blott användes vid högtidliga tillfällen eller vetenskapliga förevisningar, begagnades i båglamporna kolstänger utskurna ur retortgrafitstycken. Detta material lämnar dock endast helt korta bitar, enär det blott kan erhållas i jämförelsevis tunna och oregelbundna plattor; det är därjämte svårt att bearbeta och innehåller föroreningar, hvilka göra ljuset oroligt. För öfrigt skulle tillgången därpå ingalunda motsvara det utomordentligt stegrade behofvet — för närvarande brinna i rundt tal mer än en million båglampor — då sådana stycken, ur hvilka raka kolstänger kunna utskäras, måste särskildt utväljas och mycket går förloradt såsom affall. Det blef därför nödvändigt att på artificiell väg framställa en passande massa, hvilken kunde användas för fabriksmässig tillverkning af kolstänger. Det förfaringssätt, som numer nästan uteslutande användes för sådan tillverkning, är uppfunnet af Bunsen. Enligt detsamma söndermales retortgrafiten, hvilken emellertid fortfarande utgör det hufvudsakliga råämnet, och förvandlas genom lämpliga tillsatser till en plastisk massa, hvilken genom särskilda maskiner formas till runda stänger, som genom glödning göras tillräckligt hårda och starka.

Tillverkningen af båglampkol är numera en betydande industri och sysselsätter stora fabriker i de flesta industriländer. En af de äldsta och största i sitt slag är fabriken i Charlottenberg vid Berlin, tillhörig firman Gebrüder Siemens & C:o. Dess kolspetsar förbrukas öfver hela världen, och årstillverkningen utgör mer än 600 000 kg. Den har ock särskildt gjort sig känd genom införande i marknaden af de s. k. vek-kolen.

En vandring genom denna intressanta fabrik skall göra oss bekanta med tillverkningen af denna för den elektriska båglampbelysningen så viktiga produkt.

Den väsentliga beståndsdelen utgöres, som redan nämndt är, af retortkol, hvilket vid lysgasberedningen afsätter sig på gasretorternas glödheta väggar. Denna produkt är emellertid icke af likartad beskaffenhet utan måste för här i fråga varande ändamål noga sorteras, så att endast lämpliga, från föroreningar fria stycken komma till användning. Dessa stycken rengöras först för hand och krossas sedan i maskin till ett grofkornigt pulver, som vidare uti särskildt inrättade kvarnar males till ett fint mjöl. Under tillsats af kimrök och stenkolstjära förarbetas detta mjöl i en blandningsmaskin till en lagom plastisk massa, som ytterligare genomarbetas i en knådmaskin, så att massan blir fullt likartad; den är vid vanligt tryck föga sammanhängande men antager under högt tryck den nödvändiga formbarheten.

Af detta material pressas nu kolstängerna ungefär på samma sätt, som man stoppar korf med maskin, dock att här fordras flera hundra atmosfärers tryck för kolens formande. Ett sådant högt tryck åstadkommes bäst medelst hydraulisk press, hvilken sammantrycker massan, så att den blir plastisk, och pressar fram den genom apparatens mynning i form af en rund stång. Fig. 188 visar en sådan press med tillhörande tryckpump.

Pressen består af två cylindrar, af hvilka den till höger liggande större, vattencylindern, är afsedd för den af vattentrycket drifna presskolfven, men den andra innehåller kolmassan, som af cylinderkolfven utpressas genom ett munstycke vid cylinderns andra ände. Denna s. k. *masscylinder* hvilar på två starka stänger, som förena båda cylindrarna med hvarandra, och kan svängas kring den bakre af dem, när massan skall ifyllas. Denna omsvängning underlättas genom en cylinderformad motvikt liggande bakom masscylindern.

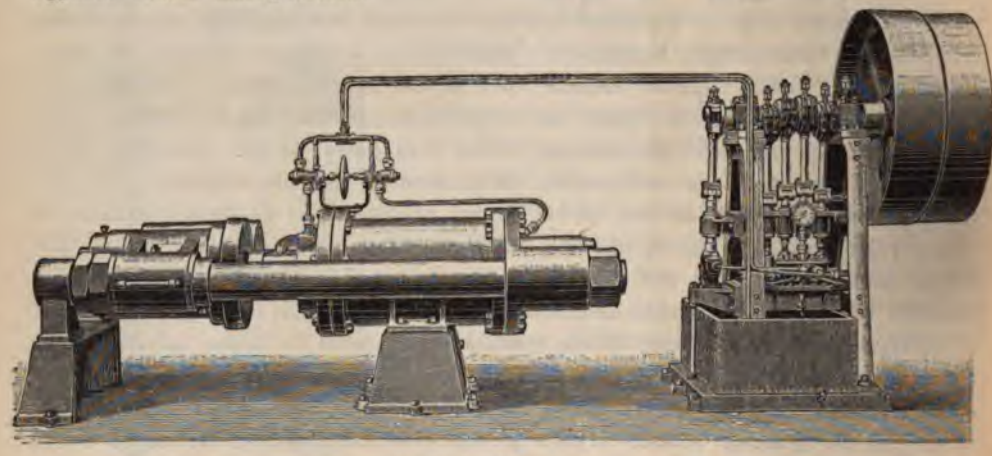


Fig. 188. Kolspetspress.

Den till fyllningen afsedda kolmassan formas först till en massiv rulle, som noga passar i cylindern, för att i möjligaste mån förekomma luftens inträngande däri, hvilket skulle vara skadligt för arbetet.

Dessa rullar formas uti ett *stampverk* (fig. 189), till sina hufvuddelar bestående af en cylindrisk stampform och sjelfva stamphufvudet, hvars rörelse åstadkommes ungefär på samma sätt som en friktionshammares. Massan inlägges efter hand i smärre bitar och hopstampas hårdt, hvarefter formen, som består af två half-cylindrar, öppnas samt klumpen uttages och inskjutes i den omsvängda masscylindern.

Sedan denna återförts i sitt läge framför pressen, sättes pumpen i gång, presskolfven skjutes fram och in i masscylindern samt pressar den under det höga trycket i viss grad uppmjukade massan ut genom det runda munstycket. Den här framkommande stången afskäres i meterlånga stycken, hvilka nedrulla utefter ett lutande bord, vid pressens vänstra sida, och där uppsamlas. Dessa sönderskäras sedermera i passande längder, bundtas tillsammans i bestämdt antal och nedpackas i kolpulver uti mufflar för att brännas. Genom bränningen sönderdelas den i massan befintliga stenkolstjäran, och dess kolväten sönderfalla i vätgas och kol, af hvilka vätet bortgår, men kolet afskiljes som en grafitartad massa, hvilken sammankittar retortgrafitens mjölfina korn. Härigenom vinna kolstängerna erforderlig fasthet och hårdhet.

Själfva bränningen sker i en ringugn med många kamrar, hvilka begagnas efter hvarandra, så att, då den första packas full med mufflar, den följande börjar uppvärmas och de därefter kommande befinna sig i full glödhetta, under det att de sista äro afstängda från uppvärmning och hålla på att afkylas eller tömmas. Ugnen eldas med gas från en brunkolsgenerator.

De färdigbrända kolstängerna rullas utefter en lutande järnplatta i ändamål att tillse, om de äro fullt raka. Har en kolstång blifvit afsevärdt krokig, kan den icke rulla och förråder därigenom sitt lyte. En mindre skefhet hindrar nog icke rullningen, men äfven denna förställning hjälper dock föga, ty nederst har stången att passera en långsmal mätöppning, bildad af en parallelt med plattan anbragt linial af järn, och hvilken har noga samma bredd som kolstängernas diameter skall hafva. En krokig

Fig. 189. Stampverk.

Fig. 190. Vekpress.

stång kan icke passera härigenom utan att felet upptäckes.

De felfria stängerna slipas härefter plana i ena änden och spetsiga i den andra, packas i bundtar och kunna nu utsändas i världen, försedda med vederbörligt intyg om sin härkomst. För detta ändamål befinner sig strax utanför stångpressens munstycke ett litet stålhjul, som i den mjuka kolstången inpressar firmanamnet och tillverkningsorten, i oafbruten följd utefter hela längden, så att äfven på hvarje liten del af en kolstång alltid finnes så mycket af inskriften, att dess ursprung kan bestämmas.

Det återstår nu blott att beskrifva, huru de så kallade *vekkolen* (Dochtkohlen) tillverkas. Dessa ha en central kärna af ytterst löst kol, ett slags kol-veke. Ändamålet därmed är att åstadkomma en likformig förbränning af kolspetsen åt alla sidor och förhindra ljusbågens störande vandring från kolets ena sida till dess andra, såsom

vanligen inträffar vid oregelbunden förbränning. Själfva stången tillverkas i öfrigt på nyss beskrifvet sätt, men i pressens munstycke sitter en central dorn, som vid kolstångens utpressning åstadkommer kanalen i dess midt.

Efter bränningen inpressas »veken», hvilket sker med en liten handpress (fig. 190). Den rörformiga kolstången insättes i pressens munstycke, och handhjulet kringvrides, hvarvid den i cylindern befintliga vekmassan inpressas uti midtkanalen. Den massa, som slutligen kommer ut genom kolstångens andra ände, afstrykes, och kolet är nu fylldt. Vekmassans flyktiga beståndsdelar utdrifvas genom torkning i ugn.

Det nu beskrifna tillverkningssättet är i allt väsentligt detsamma vid alla dylika fabriker. De olikheter, som förefinnas, beröra förnämligast valet af material, dess sammansättning samt vissa på särskilda erfarenhetsrön grundade speciella förfaranden vid pressning och bränning.

Glödljuset.

Glödlampans utvecklingshistoria. Den elektriska strömmens värmeverkningar kunna användas för åstadkommande af ljus äfven på annat sätt än det, hvarmed vi nyss sysselsatt oss. Detta kan nämligen ske genom att låta strömmen upphetta en *fast* kropp ända till glödning. Det första uppslaget att på detta sätt använda strömmen för belysningsändamål går tillbaka ända till år 1838, då Jobard i Bryssel föreslog att medelst elektricitet bringa ett i lufttomt rum befintligt kolstift att glöda och lysa. Det var dock först hans lärjunge, bergsingeniören de Changy, som i början af 1840-talet bragte denna idé till verkligt utförande och konstruerade en *glödlampa* med en liten stång af retortkol såsom glödkropp — något annat kol kände man då icke till. Men redan förut hade Grove framställt en glödlampa, med en fin platinatråd såsom glödkropp, och denna lampa torde måhända böra anses som den första verkliga glödlampan. I de af Starr och King konstruerade glödlamporna (1845) användes jämte platinatrådar äfven smala stafvar af retortkol. År 1859 lär professor M. G. Farmer enligt egen uppgift ha upplyst sitt hus i Newport med 42 glödlampor och skulle alltså kunna berömma sig af att hafva utfört den första belysningsanläggningen inomhus. Ungefär vid samma tid (1858) återupptog de Changy, efter nära halftannat årtionde, sina försök och erhöll äfven patent på en glödlampa. På grund af den redogörelse för denna lampa, som lämnades af hans lärare Jobard, uppdrog franska vetenskapsakademien åt en kommitté, under ordförandeskap af Deprez, att pröfva uppfinningen. De Changy, som ännu icke fått sitt patent beviljadt, var emellertid icke benägen att för tillfället lämna vidare upplysningar om densamma, hvarför Deprez förklarade, att de Changy icke längre kunde göra anspråk på att anses som vetenskapsman, då han önskade göra affärer med sin uppfinning, samt att akademien icke vidare ville taga någon befattning med honom. Sedan dess hafva tiderna förändrats och människorna med dem. Men de Changy uppgaf i alla fall, efter detta mindre uppmuntrande besked, hela saken, och först mer än tjugu år senare blef han i tillfälle att göra sina anspråk gällande och visa, att han varit på riktig väg, från hvilken endast en något för trångbröstad uppfattning afskurit honom.

Här bör dock anmärkas, att glödlampan i alla fall endast småningom kunnat utveckla sig, äfven om de påbegynta försöken blifvit fortsatta. För dess snabba tillväxt saknades ännu det lifgifvande solskenet för alla uppfinningar, utsikten till praktisk användning och till ekonomisk vinst. Så länge man endast hade att tillgå galvaniska batterier, kunde glödlampan liksom båglampan icke användas till annat än vetenskapliga förevisningar eller såsom en kuriositet. Först genom uppfinnandet af dynamomaskinen erhöllo uppfinnarne en ny impuls att återupptaga och utbilda glödlampbelysningen, och det var i främsta rummet problemet om det elektriska ljusets delning, som eggade elektroteknikerna att slå in på denna väg, i hopp att därigenom komma fram till det eftersträfvade målet.

År 1873 försökte ryssen Lodygin att konstruera glödlampor med kolstänger, och han efterföljdes af två andra landsmän, Konn och Buligin, som sysselsatte sig med liknande försök. Konns lampor skola en längre tid hafva begagnats i en handelsbutik i Petersburg.

Alla dessa försök ledde dock icke till vidare praktiska resultat. De visade emellertid, att kolet var ett passande material till glödkroppar, och användandet af detta ämne hade naturligen till följd, att den glödande kroppen anbragtes i en lufttom ballong för att på detta sätt hindra det hvitglödande kolets förbränning. Därmed voro också den nutida glödlampans väsentliga beståndsdelar gifna, och tvifvelsutan bör det uppfinningsarbete, för hvilket i det föregående redogjorts, betraktas såsom grundläggande. Hvad sedan följde var blott glödlampans lämpande för den praktiska användningen. Detta efterarbete får icke underskattas, men man bör likväl icke glömma, att glödjuset — d. v. s. åstadkommande af ljus genom att medelst elektrisk ström bringa en fin ledare i glödning — redan länge varit kändt, när det vid slutet af sjuttiotalet, såsom resultatet af flera uppfinningar på detta område, började erhålla sin välbekanta hastiga utbredning. Vi komma nu till denna senare afdelning af glödlampans historia, d. v. s. dess lämpande för praktiskt bruk.

Såsom i det föregående omtalats hade man funnit det vara omöjligt att medelst båglampor erhålla svagare ljuskällor, och jämväl kontakt-glödlamporna hade icke rönt synnerlig framgång. Man försökte därför att, med begagnande af strömmens värmeverkningar i fasta ledare, åstadkomma en lämplig liten elektrisk lampa. Det var i slutet af sjuttiotalet, som man både i Amerika och England på flera håll tog i tu med saken. Den låg så att säga i luften, och ryktet, att någon arbetade på att söka medelst glödljuset lösa den brännande frågan om det elektriska ljusets delning, eggade alltflera forskare och uppfinnare att ägna sig åt samma sträfvan. Då man på flera vägar sökte nå målet, är det svårt att säga, hvem som först beträdde den riktiga vägen. Bortsedt från det möjligen sårande i liknelsen, skulle man kunna säga, att ett växande antal duktiga spårhundar jagade framåt, och att än den ene, än den andre var på rätta spåret och drog med sig hela kopplet. För att förstå åt hvilket håll dessa spår gingo, må nämnas, att man såsom glödkroppar till en början använde metalltrådar, först af platina, senare af iridium och andra sällsynta ämnen. Det låg ju också nära till hands att använda metallerna, emedan dessa lätt kunna formas till fin tråd och utan svårighet insättas i en elektrisk ledning. Men försöken ådagalade, att ingen metall förmår någon längre tid motstå den höga temperaturen och att smältbarheten alltid blir en anledning till osäkerhet. Af lämpliga material var endast kolet öfrigt att välja på, och detta hade man ju redan förut pröfvat. Men då glödkroppens genomskärningsyta måste göras jämförelsevis mycket liten, så

uppstod frågan, huru man skulle kunna tillverka sådana ledare af kol; ty att skära dem af det spröda och bräckliga retortkolet, det gick alldeles icke för sig. Två amerikanska elektrotekniker, Sawyer och Man, lyckades påfinna ett enkelt förfaringssätt för sådan tillverkning. De klippte små, smala bågar af kartongpapper, hvilka inbäddades i grafitpulver och förkolades i deglar. Detta skedde i början af år 1878.

Nu tillverkades de första glödlamporna, med sådana kolbågar insatta i glasballonger; men de varade icke länge. Man insåg snart, att varaktigheten kunde betydligt förhöjas, om glasballongen gjordes lufttom, en sak som de europeiska föregångarne visste redan förut.

Hiram Maxim, en känd amerikansk uppfinnare, förklarade alldeles riktigt denna längre varaktighet bero därpå, att kolbågen icke kunde oxideras, emedan ballongen var lufttom, och drog jämväl däraf den slutsatsen, att man borde kunna erhålla ett lika godt resultat, om man fyllde en förut lufttom ballong med någon icke oxiderande gas. Härtill valde han lysgas, och iakttog då till sin förvåning, att kolbågen alldeles icke förtärdes men i stället blef gröfre, hvilket fenomen han förklarade på så sätt, att den glödande kolbågen sönderdelade kolvätet i lysgasen, hvarvid det friblifna kolet afsatte sig på kolbågen, alldeles som retortgrafiten på gasretorternas väggar. Därmed hade han upptäckt ett förfaringssätt, hvilket, såsom vi sedan skola finna, blifvit af mycket stor betydelse för glödlamptillverkningen.

Så långt var man kommen hösten 1879, då den sedermera så ryktbare amerikanen Thomas Alva Edison — vi fullfölja vår liknelse med samma förbehåll som förut —, som med kamraterna deltagit i spårandet men hittills blifvit efter, plötsligt med ett språng lämnade de andra bakom sig och öfvertog ledningen under den återstående korta sträckan. Edison hade dittills arbetat med metalltrådar, men då han fick kännedom om de resultat, som Sawyer och Man vunnit, kastade han in på den rätta stråten, och med sin framför allt i tillämpningskonsten öfverlägsna uppfinnareförmåga lyckades han inom några veckor att bringa glödlampan till praktisk duglighet. Först och främst ersatte han det bräckliga papperskolet med ett bättre, nämligen kolade bamburörsfibrer, och därjämte insåg han, att glödkroppen borde hafva så stort motstånd som möjligt, på det att glödningen, till följd af den sålunda ökade spänningen, där måtte kunna åstadkommas med ringa strömstyrka.

Redan samma år utförde Edison den första verkligt praktiska belysningsanläggningen med glödlampor, hvaraf 115 st. insattes ombord på ångfartyget Columbia; från denna anläggning kan man räkna den elektriska glödlampbelysningens egentliga början.

Användningen af glödlampor förutsätter *parallelkoppling*. Om man ville använda seriekoppling för ett större antal samtidigt matade lampor, skulle spänningen stiga till en betänklig höjd redan vid ett rätt måttligt antal lågor, och alla lamporna skulle slockna, om blott en enda sprunge sönder. Nödvändigt vore dessutom att alltid noga bibehålla strömstyrkan oförändrad, hvilket möter svårigheter, vida större än att bibehålla den för parallelkopplingen nödvändiga konstanta spänningen. Vid parallelkoppling hålles spänningen vid en konstant, helt och hållet ofarlig höjd, och strömstyrkan regleras väsentligen af sig själf, i det att när en lampa inkopplas, den erforderliga strömmängden utan vidare flyter till densamma. Det möter inga svårigheter att reda sig med stora strömmängder, blott man gifver ledningarna däremot svarande dimensioner.

I Europa fattade man icke genast glödlampbelysningens hela betydelse. Man var för tillfället mycket nöjd att nyligen hafva lyckats med delningen af det elektriska bågljuset och, såsom ofta händer i lifvet, man tyckte ej om att behöfva dela med sig af den så nyss förvärfvade äran. Glödlampan lyckades därför knappast vinna fullt erkännande förrän vid den första elektriska utställningen i Paris år 1881. Men från denna tid tog glödlampbelysningen öfverallt bättre fart, och i samband därmed utvecklades äfven glödlampindustrien ganska raskt.

Hösten 1881 gjorde man i vårt land för första gången bekantskap med de elektriska glödlamporna. I samband med den i det föregående omtalade profbelysningen i Stockholm med Brushska båglampor anordnades, på L. Fredholms föranstaltande, äfven en profbelysning med glödlampor, först i Strömparterren och sedan i drätselnämndens lokaler i huset n:r 2 vid Stora Nygatan. De begagnade lamporna voro af Lane-Fox' system, hvilka i hufvudsak liknade Edisons lampor, men koltråden erhölls på annat sätt, och en annan metod användes för trådens fästande.

Mindre anläggningar för elektrisk glödlampbelysning började från denna tid utföras af enskilda firmor på flera ställen i Stockholm och landsorten, men här i landet, liksom annorstädes i Europa, var det af flera orsaker endast jämförelsevis långsamt som det nya belysningssystemet lyckades vinna erkännande och erhålla någon afsevärd spridning. Vid 1883 års slut funnos i Stockholm uppsatta 208 elektriska glödlampor.

Tillverkningen af glödlampor utgör numera en betydande industrigren. I utlandet, särskildt i Tyskland, England och Amerika, finnas flera betydande fabriker af detta slag. För några år tillbaka tillverkades årligen ensamt i Tyskland mer än fyra millioner glödlampor, hvaraf öfver hälften exporterades; nu går tillverkningen långt öfver denna siffra; vid 1896 års början räknade den elektriska belysningen i hufvudstaden inalles 40,199 glödlampor och 801 båglampor.

Glödlampor började äfven i *Sverige* tillverkas ganska snart, nämligen redan 1885 af R. W. Strehlenert i Södertälje. Fabrikationen förbättrades och utvidgades efter hand till en ej ringa omfattning. Den flyttades sedan till Stockholm samt öfvertogs af ett aktiebolag, men blef slutligen nedlagd. Hos W. Wiklund i Stockholm samt vid fabriken *Svea* i Sundbyberg hafva äfven under någon tid glödlampor blifvit tillverkade. Den senare fabriken inköptes för några år tillbaka af *Aktiebolaget de Lavals glödlampfabrik Svea*, och flyttades äfven den till Stockholm, där den betydligt utvidgats, så att den nu måste räknas såsom ett bland hufvudstadens mest anmärkningsvärda industriella etablissement och äfven kan ställas vid sidan af Europas större glödlampfabriker. Tillverkningskapaciteten uppgifves nämligen ända till 7,000 glödlampor per dag, och man lär till och med genom forceradt arbete hafva öfverskridit detta antal.

Glödlampans beståndsdelar. I den elektriska glödlampan är det således en koltråd, som af den elektriska strömmen försättes i hvitglödning och därvid utstrålar ljus. Till förekommande af trådens förbränning är det nödvändigt, såsom redan förut omnämnts, att glödningen sker i lufttomt rum, hvilket förutsätter, att tråden är innesluten lufttätt i en glasballong. För strömmens inledande måste denna ballong tydligtvis förses med tvenne ledningstrådar. Vi kunna alltså särskilja *tre hufvuddelar* af lampan, nämligen koltråden, den omgifvande ballongen och ledningstrådarna. Dessa tre delars anordning är ganska enkel.

I bottnen på glaspäronet (fig. 191) äro insmälta två parallela platinatrådar, isolerade från hvarandra. Vid deras inre ändar är den U-formigt böjda koltråden fäst. De yttre ändarna äro afsedda att förenas med strömledningen. Sedan trådarna blifvit fästa på sin plats, måste luften utpumpas. För detta ändamål finnes öfverst å ballongen ännu kvar ett glasrör, som sättes i förbindelse med luftpumpen men efter utpumpningen afsmältes tätt intill glasytan, där kvarlämnande en liten spets.

Lampans hals förses med en omfattning, hvilken genom lämpliga kontaktdelar förenas med de fina platinatrådarna och dessutom skyddar dem. Här möter således ytterligare en beståndsdel, nämligen glödlampans fattning, till hvilken vi sedan skola återkomma.

Fig. 191.
Elektrisk glödlampa.

Fig. 192.
Glödlampa med koltråden böjd till en slinga.

Koltrådens tillverkning. Ursprungligen förfärdigades glödlampornas koltråd af bamburörsfibrer, hvilka äfven efter förkolningen bibehålla en viss elasticitet. Materialet delades i passande, fina strängar, hvilka drogos genom ett rundt dragjärn, då tråden skulle vara rund. Detta förfaringssätt blef emellertid ganska dyrt, en sak som alltmera vann i betydelse i mån af glödlampornas sjunkande pris. Detta har under tio år gått ned till ungefär en tiondedel, hvadan det blifvit en bjudande nödvändighet att vid tillverkningen iakttaga den yttersta besparing. Man ansträngde sig därför att utfinna andra passande material för glödtråden, och i detta syfte har man gjort en stor mängd försök och förslag. Numera tillverkas i allmänhet tråden af en plastisk massa, lämplig att förkolas. Därtill har användts gelatinösa eller kollodiumhaltiga ämnen, på sista tiden äfven cellulosa. Denna degartade massa valsas till tunna skifvor, ur hvilka koltrådsämnena sedan utskäras. Eller också pressas massan, om den är tillräckligt mjuk, genom munstycken och framkommer i jämna strängar, hvilka endast behöfva afskäras i passande längder.

Vid glödlampfabriken Svea i Stockholm tillverkas trådarna af cellulosalösning, som genom fina hål sprutas ut i spritfyllda glaskärl, i hvilka cellulosan lagrar sig i form af trådar af betydlig längd. Dessa trådar, hvilka äro både sega och starka, tvättas därpå med stor omsorg i vatten för att aflägsna alla ämnen, som vid den följande bränningen kunde bilda aska. Cellulosalösningen framställes af kemiskt rent filtrerpapper. Efter tvättningen upplindas trådarna till torkning på trummor, från hvilka de sedan aflindas, hvarefter de skäras i längder. Materialet har nu antagit en silkesartad glans och blifvit lika elastiskt som borst.

De på det ena eller andra sättet erhållna trådarna måste vidare undersökas och sorteras med afseende på jämn och riktig groflek, hvilket utföres med mikrometerapparater. Denna noggrannhet är nödvändig af flera skäl. Eljest skulle den i alla fall rätt stora mängden trådar, som sedan måste kasseras, blifva ännu större, och denna förlust blifva desto kännbarare, ju flera arbetsprocesser tråden genomgått.

De undersökta och godkända trådarna böjas på ett hett järn eller på annat sätt, antingen till den vanliga U-formen eller ock i en eller annan slingform (fig.

193). Vid en del fabriker upplindas trådämnena på kolstycken i knippen af samma form, som den färdiga fibern skall hafva i lampan.

Trådarna förkolas, inpackade i kol- eller grafitpulver uti väl tätade deglar, hvilka under flera timmar uti en enkom härför inrättad ugn utsättas för en mycket hög temperatur.

Trådarna afskäras sedan till riktig längd, som man förut bestämt genom försök. Därpå förstärkas deras ändar till 8—10 mm. längd, genom att neddoppas i en kolvätevätska (petroleum) och därefter bringas till glödning. Det vid kolvätets sönderdelning afskilda kolet afsätter sig på trådändarna, så att dessa blifva gröfre än den öfriga tråden. För att vid denna och öfriga operationer kunna handtera tråden så bekvämt som möjligt begagnar man ett slags tångapparat, som fattar tråden i rätt ställning och samtidigt inkopplar ledningarna för en elektrisk ström. Inom några ögonblick har tråden erhållit den afsedda förstärkningen. Det är emellertid icke alla glödlampfabriker, som anse en sådan förstärkning behöflig.

Men ännu är icke tråden färdig att insättas i lampan. En hufvudfordran är, att vid normal spänning styrkan af den ström, som genomgår koltråden, just är den, som motsvarar lampans bestämda ljusstyrka och bäst lämpar sig för dess hållbarhet, tvenne omständigheter, som nära sammanhänga med hvarandra. För att vid normal spänning erhålla normal strömstyrka måste äfven motståndet vara normalt. Tråden, sådan den kommer från ugnen, har dock vanligen icke det fullt riktiga motståndet. För att reglera detta begagnas numera det ofvan omtalade, af Hiram Maxim uppfunna förfaringssättet. Tråden fastsättes i en hållare, genom hvilken strömmen kan ledas, och bringas därefter under klockan till en luftpump, innehållande kolvätegas. Vid strömmens påsläppande kommer tråden i glödning, kolvätet sönderdelas, och kolet utfälles på tråden, men mest på de ställen, där denna är smalast och därför glöder starkast. Trådens tjocklek ökas alltså mest på dessa ställen. Denna operation kallas »preparering» och gifver åt trådens alla delar samma motstånd, så att den blir elektriskt af likformig beskaffenhet. Det vore knappast möjligt att utan dyra omvägar på annat sätt uppnå denna obetingadt nödvändiga likformighet, och man kan däraf inse, huru värdefullt för glödlampfabrikationen detta i och för sig så enkla förfarande måste vara. Vore icke tråden likformig, skulle de delar, som gjorde ett jämförelsevis större motstånd, glöda starkare, och tråden skulle där snart brista sönder. Flera apparater hafva konstruerats, hvilka vid prepareringen automatiskt afbryta strömmen, när det normala motståndet erhållits, och dylika apparater arbeta naturligtvis vida säkrare än en arbetare.

Fig. 193. Glödlampfot med insmälta platinatrådar.

Därmed skulle tråden vara färdig att insättas i lampan. Men vanligen undersöker man ännu en gång dess »kaliber», och många trådar kasseras då.

Koltrådens fastsättande. Glödtråden står i lampan på en fot af blyglas, hopsmält med lampans nedersta del, och omgifvande platinatrådarna på sätt fig. 193 utvisar. Användningen af sådana trådar är en hård nödvändighet för glödlampteknikens, emedan ingen annan metall är lämplig för ledningstrådarna till kolbågen. Platinan besitter nämligen den värdefulla egenskapen att vid uppvärmning utvidga sig ungefär lika mycket som glas, hvaremot andra metaller i detta afseende förhålla sig mycket olika. Men vid olika utvidgningsförhållanden lossnar ganska lätt den täta

förbindelsen mellan glaset och tråden, luften tränger in, och det är snart förbi med hela lampan. Man är därför tvungen att använda platina, ehuru lampan därigenom ej obetydligt fördyras, beroende på metallens pris. En tid var priset ganska högt, förnämligast just på grund af den hastigt stegrade förbrukningen af denna metall till glödlampfabrikationen, så att platina kostade nästan lika mycket som guld. Då kostade platinatråden till en glödlampa 27—32 öre; för närvarande går den till ungefär 16 öre.

De ur glasfoten eller glasbryggan, som den också kunde kallas, framstickande ändarna af platinatrådarna hafva hvar för sig formen af en liten hylsa. I dessa hylsor instickas koltrådens ändar och fästas med ett kitt eller cement. Det är af största vikt, att trådarna väl hopfogas med ledningstrådarna i glasfoten, ty därpå beror mycket den färdiga lampans godhet. Så enkelt det kan synas, har det kostat mycket hufvudbry och många försök, innan man kommit till det nyssnämnda förfarandet. Till en början stack man helt enkelt in trådändarna i platinahylsorna, men då kontakten icke blef tillräckligt pålitlig och varaktig, utvecklades på detta ställe för stark värme och kolet blef snart förstördt. Man tog då sin tillflykt till den förut omtalade förstärkningen af kolbågens ändar och öfvergick slutligen till användande af kitt eller cement för att göra kontakten fullständig.

Fig. 194. Glasballong till en glödlampa med vidfäst evakueringsrör.

Fig. 195. Glödlampa med glasfoten och kolbågen insatta och fastsmälta på sin plats.

Glasballongen. Glasballongen är vanligen päronformig och ursprungligen försedd med ett öppet rör nedtill. De glödlampfabriker, som själfva icke befatta sig med ballongernas tillverkning, erhålla dem från glasbruken i sådant skick. Vid fabriken tillsättes ett stycke glasrör upptill, och ballongen får då det utseende, som visas af fig. 194. Glasfoten med kolbågen instickes nedifrån och sammansmältes med den öppna halsen (fig. 195). För luftens utpumpande bringas den sålunda färdiggjorda lampan medelst det vidfästa evakueringsröret på olika sätt i förening med luftpumpen.

Fig. 196 visar en interiör från glasblåseriet vid glödlampfabriken Svea, hvars glasballonger tillverkas på platsen i egen glashytta. Därifrån komma de till glasblåseriet, som har plats för 60 till 70 glasblåsare. Vid hvarje plats finnes en blåsapparat af olika konstruktion, alltefter den operation, som skall utföras, och matad med vattengas från fabrikens eget gasverk. Arbetet är fördeladt så, att somliga arbetare fastsmälta evakueringsrören och andra infästa glasfötterna med kolbågarna, för hvilket ändamål lampan insättes i ett roterande ställ. Sedan den uttagits därifrån, får den långsamt afsvalna, på det att inga läckor må uppkomma mellan platinatrådarna och glaset.

Lampans evakuering. Luftförtunningen i lampan måste drifvas mycket långt. Den luftmängd, som utan olägenhet kan kvarlämnas däri, uppgår till blott $^1/_{10}$ milliondel af den mängd luft, som glasballongen innehåller vid vanligt lufttryck.

En sådan grad af luftförtunning kunde förr icke uppnås med vanliga maskinpumpar, och det kan sättas i fråga, om till och med de maskinpumpar, som senare uppfunnits enkom för detta ändamål, verkligen motsvara fordringarna. Vore det möjligt att begagna vanliga luftpumpar, skulle evakueringen kunna verkställas mycket fortare och billigare än för närvarande, ty en kraftigt arbetande maskinpump skulle i så fall snart åstadkomma den önskade luftförtunningen inom lampans lilla rymd. Men maskinpumparna svika, ty värr, sedan luftförtunningen nått en viss gräns. Man har därför måst taga sin tillflykt till ett annat slags luftpumpar, nämligen *kvicksilfverluftpumpar*; maskinpumpen kan endast begagnas för det första arbetet, intill dess luftförtunningen nått en viss gräns.

Fig. 196. Interiör från glasblåseriet vid de Lavals glödlampfabrik Svea.

Till en början skola vi endast redogöra för de principer, som ligga till grund för kvicksilfverluftpumparnas konstruktion. Det finnes flera olika slag af sådana pumpar, men de kunna dock särskiljas i tvenne hufvudgrupper. Vid den ena verkar en nedrinnande kvicksilfverstråle sugande på samma sätt, som förhållandet är vid en ejektor; vid den andra däremot ersätter den flytande metallen kolfven i en maskinpump. Pumpar af det första slaget hafva ett fallrör F (fig. 197), hvari kvicksilfret ofvantill strömmar in i en oafbruten stråle, därvid medsugande luft genom ett på fallröret anbragt sidorör, hvilket sättes i förbindelse med lampan. Fallrörets nedre ände mynnar i ett kärl med kvicksilfver, och är sålunda alltid tillsluten. Det genom pumpen utrunna kvicksilfret föres på ett eller annat sätt åter till dess öfre mynning.

Detta sker i glödlampfabrikerna naturligtvis till ett större antal sugrör på en gång. För detta ändamål pumpas den flytande metallen med maskinpumpar upp i en på lämplig höjd belägen behållare och ledes därifrån i fördelningsrör till de särskilda sugrören, för att sedan genom ett samlingsrör återvända till tryckpumpen. En dylik pumpinrättning af enklare beskaffenhet afbildas i fig. 198. Det öfre järnröret DD leder kvicksilfret från behållaren till fallrören BB; härifrån går det genom snedröret C och fallröret T samt bortrinner genom samlingsröret $D'D'$. Fallröret T står i förbindelse med kärlet R, där den evakuerade luften torkas medelst vattenfri fosforsyra, och i hvars munstycke O lampans evakueringsrör är insatt, så att föreningen blifver lufttät. De nu i bruk varande luftpumparna äro visserligen något mera komplicerade,

Fig. 197.
Kvicksilfverluftpump med sugstråle; Sprengels luftpump.

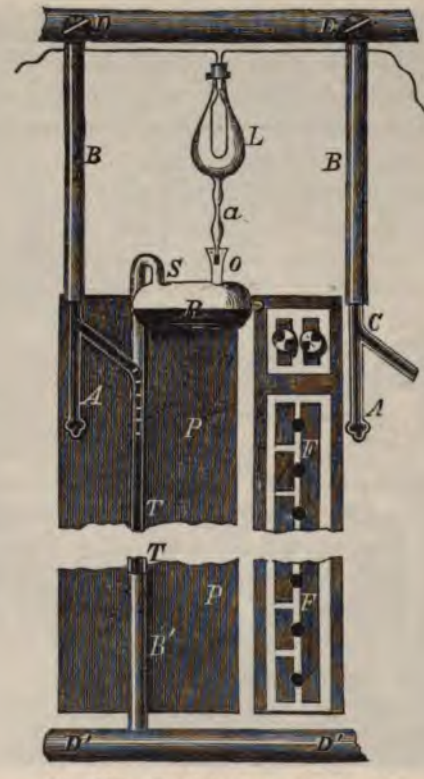


Fig. 198. En del af ett pumpbatteri med Sprengelska luftpumpar.

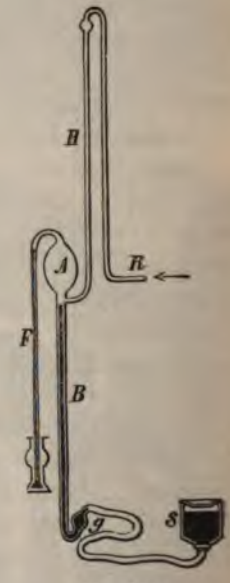


Fig. 199.
Kvicksilfverluftpump med kvicksilfverpelare, som höjes och sänkes.

men af det sagda och af fig. 198 kan läsaren erhålla en ganska god föreställning om huru dylika luftpumpar äro anordnade för fabriksmässig drift.

Beträffande det andra slaget pumpar har ofvan omnämnts, att kvicksilfret där tjänstgör såsom kolf, och det är gifvetvis en mycket väl tätande sådan. Man inser lätt, att en kvicksilfverpelare, som omväxlande stiger och faller, kan användas för att skaffa luften ur ett kärl på alldeles samma sätt som en vanlig mekanisk pump i fråga om en vätska. Vid detta slags pumpar måste dock finnas kranar eller ventiler för att hindra den utpumpade vätskan att återvända till kärlet. Någonting liknande användes också vid de äldre kvicksilfverluftpumparna. Vid de nyare pumpar, som begagnas i glödlampfabrikerna, har man genom ett enkelt men ganska

fyndigt konstgrepp undvikit kranar och ventiler. I fig. 199 är kärlet *A* förenadt med ett undre rör *B* och ett öfre rör *H*. Å nedre änden af röret *B* är påträdd en gummislang *g* från kvicksilfverkoppen *s*. Då denna kopp höjes, stiger kvicksilfret upp i röret *B* och, om höjningen är tillräcklig, äfven in i kärlet *A*, därvid utdrifvande luften ur *B* och *A*. Så länge kvicksilfverpelarens yta står lägre än mynningen till sidoröret *H*, går luften äfven in i detsamma, men så snart kvicksilfret stigit förbi nämnda mynning, är röret *H* afspärradt från kärlet *A*, och vid ytterligare stigning måste den vikande luften taga vägen genom afloppsröret *F* och kärlet *A* fylles slutligen helt och hållet med kvicksilfver. Då koppen *s* sänkes, uppstår till en början ett lufttomt rum i kärlet *A*, och då kvicksilfret sjunkit undan förbi mynningen till röret *H*, kan luften ur detta rör strömma in i *A* och således en motsvarande luftmängd bortgå ur den med röret förenade glödlampan. Vid förnyad höjning af koppen *s* utdrifves denna luftmängd genom röret *F*, och vid koppens därefter skeende sänkning suges en ny luftportion ur lampan och in i kärlet *A*. På detta sätt fortgår pumpningen genom omväxlande höjning och sänkning af kvicksilfverkoppen *s*. Då kärlet *A* rymmer väsentligt mera luft än den del af röret *B*, som vid kvicksilfverpelarens sjunkning fylles med luft, så är det naturligtvis endast en helt liten del af den från lampan utsugna luften som åter tryckes tillbaka dit. Den ojämförligt största delen afspärras från lampan och bortskaffas.

Luftpumpar af det först omtalade slaget äro bekvämare och i så måtto ändamålsenligare, att de arbeta automatiskt, utan någon medverkan af människohand. Sådana pumpar användas därför helst i glödlampfabriker. Men man kom också snart på det klara med, att det andra slaget pumpar förmådde åstadkomma starkare luftförtunning, och man sökte därför att äfven göra dem automatiska, d. v. s. så att kvicksilfverpelarens sjunkande och stigande kunde ske utan att koppen *s* behöfde skötas af en arbetare. Det låg då nära till hands att genom komprimerad luft pressa kvicksilfverpelaren upp i röret *B* och in i *A* samt åstadkomma dess sjunkande genom att sänka trycket. Därvid är det emellertid nödvändigt, att trycket börjar verka i rätta ögonblicket och upphör, när kvicksilfret nått sin högsta punkt.

Detta problem har på ett ganska fyndigt sätt blifvit löst i de självverkande pumparna, åt hvilka vi nu skola ägna några ord. Den hufvudsakliga mekanismen afser rörelsen af det nyss nämnda kärlet *s*. Må man till en början tänka sig, att detta är slutet men försedt med en smal hals, som genom en slang är förenad med en behållare för komprimerad luft. Då man vrider på en kran, öppnas denna förbindelse och den komprimerade luften pressar kvicksilfret upp i röret *B* och in i kärlet *A*. Så snart detta blifvit fylldt, omställes kranen och slangförbindelsen stänges, men på samma gång öppnas för tryckluften i kärlet *s* en väg att komma ut i fria luften. Kvicksilfret sjunker då tillbaka och förtunnar luften i glödlampan. Därefter omställes kranen å nyo, så att tryckluften åter får verka på kvicksilfret, detta stiger, och förloppet upprepas såsom förut.

Men äfven denna inrättning skulle fordra handarbete för kranarnas omställande, om man icke genom en självverkande anordning gjort sådant öfverflödigt. Kvicksilfverkoppen *s* ställes därför på ena armen af en våg, som å den andra har en motvikt. Då kvicksilfverpelaren sjunkit tillräckligt, finnes naturligtvis största mängden af kvicksilfver uti koppen, som då också har sin största tyngd. Den förmår då lyfta motvikten och dess vågarm, som är ställd i förbindelse med kranen och öppnar denna, så att kommunikationen med tryckluftbehållaren blir fri. När åter, till följd af tryckluftens

nyss angifna verkan, kvicksilfret stigit upp i *A*, och dess mängd alltså betydligt minskats i *s*, har koppen blifvit så mycket lättare, att motvikten slutligen får öfverhand och vågbalken sänker sig åt andra sidan, omställande kranen och stängande förbindelsen med tryckluftbehållaren men öppnande vägen ut till fria luften. Tryckluften strömmar ut, kvicksilfret sjunker, koppen fylles åter, dess vikt ökas, vågbalken sjunker öfver till andra sidan, och koppen förenas på nytt med tryckluftbehållaren. På detta sätt verkar pumpen automatiskt, och lampan utpumpas utan medverkan af människohand.

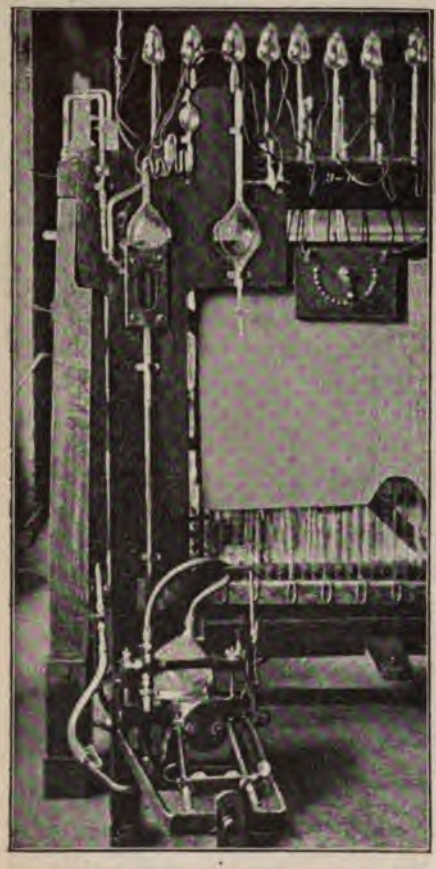


Fig. 200. Automatisk luftpump sedd framifrån.

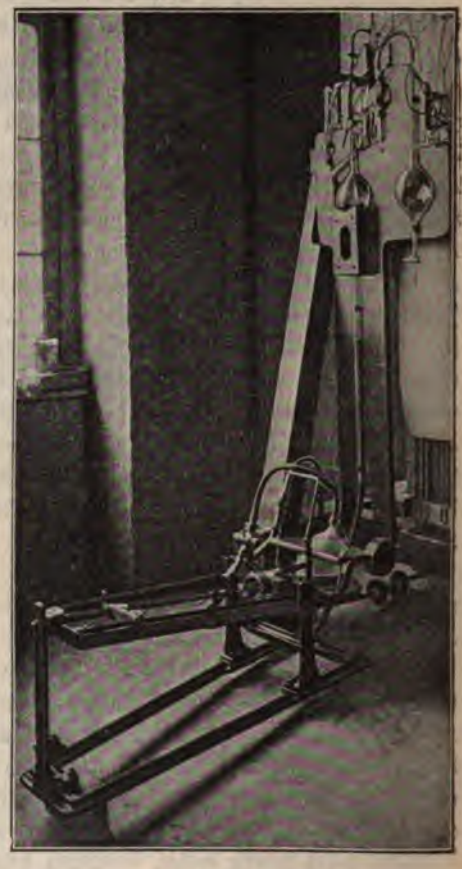


Fig. 201. från sidan.

Fig. 200 och 201 visa en sådan luftpump. Den företer emellertid den skiljaktighet mot hvad nyss beskrifvits, att kvicksilfverkärlet icke sitter fast utan är rörligt på vågarmen. Då denna höjer sig, glider kärlet därför ned mot vågbalkens vridningsaxel och återfår icke öfvervikten, förrän det emottagit sin fulla kvantitet kvicksilfver. Då sänkes vågarmen, och kärlet åker i och med detsamma ut i sitt yttersta läge på armen. I denna ställning bibehåller det öfvervikten, tills det afgifvit största mängden af kvicksilfret, och denna afpassas genom lämpliga regleringsanordningar så, att pumpkärlet *A* då är nätt och jämnt fylldt.

Genom denna anordning har man lyckats komma därhän, att kranen omställes först i det ögonblick, då kvicksilfverkärlets vikt blir störst eller minst, hvadan alltså den rörliga kvicksilfverpelaren kan ostördt stiga till sin högsta eller sjunka till sin lägsta punkt. Fig. 202 visar en del af ett sådant pumpbatteri, med hvilket ända till 3,000 lampor kunna utpumpas på dagen af endast tre arbetare.

Det senare slaget af kvicksilfverpumpar kan äfven inrättas så, att kvicksilfret suges upp i kärlet *A* i stället för att pressas upp medelst tryckluft. Sådana pumpar arbeta således med vakuum i stället för med komprimerad luft. Förbindelsen med vakuumledningen är då naturligtvis anbragt till kärlet *A*. De vid glödlampfabriken Svea begagnade luftpumparna äro af denna beskaffenhet.

Fig. 203 visar en interiör från denna fabriks pumprum, hvilket innehåller 1,500 luftpumpar af glas, gruppvis anbragta i träställningar och medelst ledningar förbundna med de i maskinrummet uppställda vakuumpumparna, hvilka frambringa

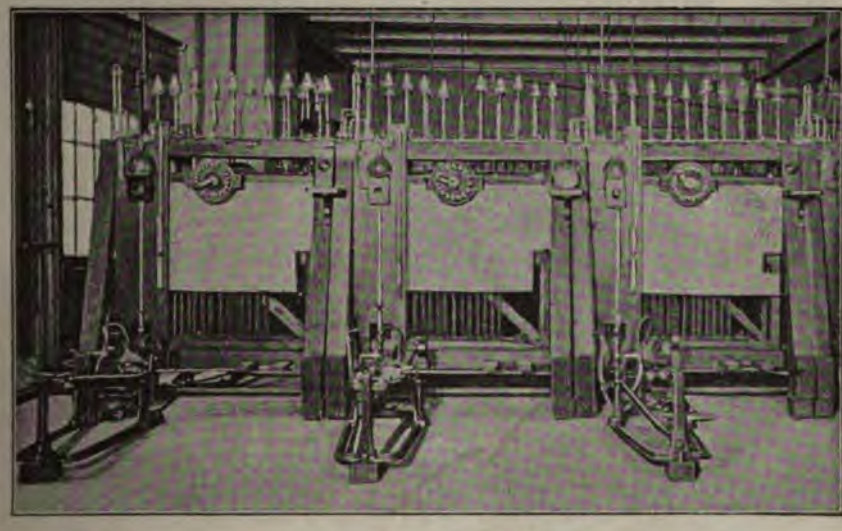


Fig. 202. Pumpbatteri.

det vakuum, som kommer kvicksilfret att stiga och falla i pumpen. Arbetet i pumprummet är inskränkt till lampornas insättande och borttagande samt pumparnas tillsyn, så att endast ett fåtal arbetare där behöfves.

Medan pumpningen ännu pågår, släppes ström genom koltråden, så att denna hålles glödande, i ändamål att utdrifva i kolet absorberade gaser. I flera fabriker uppvärmas glödlamporna jämväl utifrån, medelst gasbrännare, för att påskynda evakueringen och afskilja den på glasets innerväggar ganska starkt fasthäftande luften.

Det kan emellertid icke förnekas, att användningen af kvicksilfverluftpumpar medför en del olägenheter, icke endast beträffande själfva arbetet, som visserligen sker grundligt, men dock jämförelsevis långsamt, utan jämväl därigenom, att alltid rätt mycket kvicksilfver spilles och mer eller mindre fördunstar samt kan inverka skadligt på arbetarnes hälsa, om ej stor försiktighet iakttages. Man har därför på allra senaste tid försökt en annan pumpningsmetod, utan användande af kvicksilfver, hvilken på samma gång den alltså är ofarlig för hälsan, äfven uppgifves vara vida bekvämare och kraftigare än kvicksilfverpumpningen. Denna metod

användes med fördel i Allgem. Elektr. Gesellschafts stora glödlampfabrik i Berlin, hvilken sysselsätter 500 arbetare och kan tillverka ända till 30,000 glödlampor om dagen. Metodens beskaffenhet är tills vidare fabrikens hemlighet.

Har lampan efter två till tre timmars pumpning blifvit tillräckligt lufttom, så tillsmältes den, och afsmältes på samma gång från pumpen.

Den så till vida färdiga lampan undersökes nu i afseende på lufttomheten. Medlet att verkställa detta, utan att på något sätt öppna lampan, är lika enkelt som tillförlitligt. I ett mörkt rum förenas lampan med den ena polen till en lagom stark Ruhmkorffs induktionsapparat (se sid. 81). Är evakueringen tillräcklig, så utstrålar den starkt förtunnade luften ett grönaktigt ljus. Visar sig

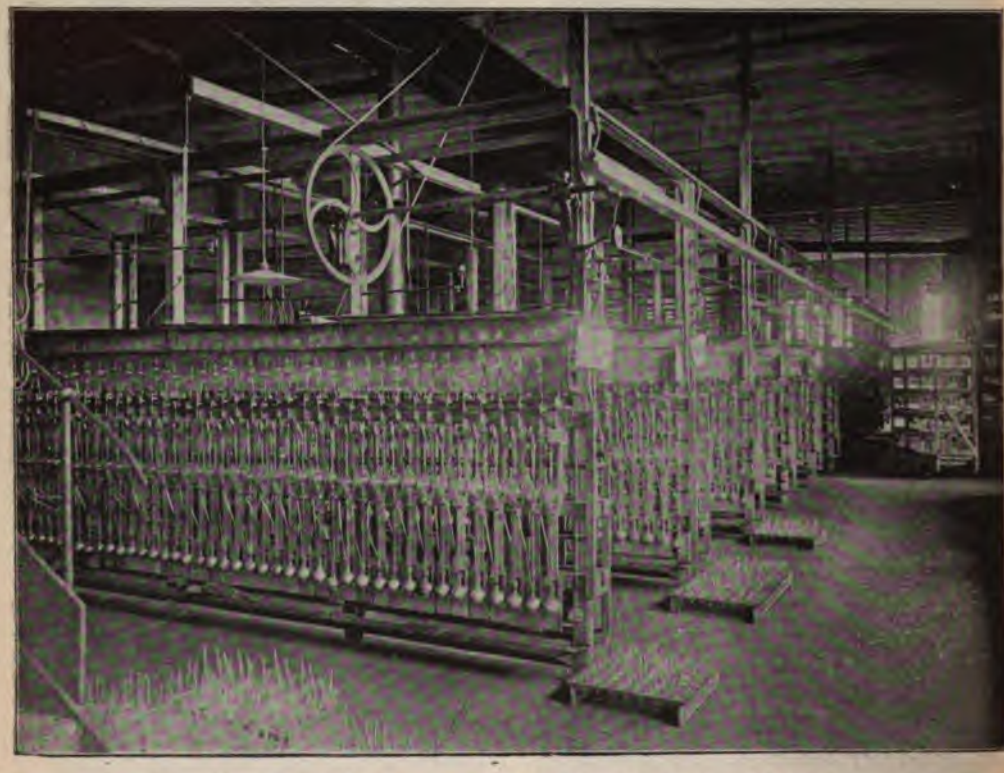


Fig. 203. Interiör från pumprummet vid de Lavals glödlampfabrik Svea.

ett rödaktigt eller till och med intet ljus, då är lampan obrukbar. På detta sätt kunna hundratals lampor undersökas på mycket kort tid. En viss antydan, huruvida lampan är lufttom eller om luft har trängt in i densamma genom någon liten spricka eller otäthet, kan äfven erhållas af trådens rörlighet. I lufttomt rum vibrerar nämligen den elastiska tråden rätt länge och ganska lifligt, om man genom att skaka litet på lampan sätter den i rörelse, men finnes luft i lampan, aftager rörelsen snart, i följd af luftmotståndet, och tråden kommer inom kort åter i hvila.

Man kan fråga, hvarför glödlamporna behöfva göras lufttomma, då ju därmed endast afses att skydda koltråden mot förbränning och detta lika bra kan ske genom att fylla dem med en icke oxiderande gas, exempelvis ren vätgas. Detta har

också försökts men icke befunnits ändamålsenligt, emedan sådana lampor fordra betydligt mera ström än de evakuerade. Orsaken är ej heller svår att finna. Den koltråden omgifvande gasen bortleder värme, och det fordras därför en större mängd elektrisk ström för att hålla koltråden vid normal hvitglödning; driftkostnaden för lampan blir alltså större. Dessutom upphettas själfva glaset rätt starkt och springer lättare sönder, hvilket däremot vid evakuerade lampor hör till sällsyntheterna. En evakuerad lampa upphettas endast i jämförelsevis ringa grad, den blir aldrig så varm, att man icke kan fatta om den med handen — frånsedt vissa lampformer —, och om så icke skulle vara förhållandet, har man skäl att antaga, att luften icke blifvit utpumpad tillräckligt. Men den af lampan alstrade värmemängden måste dock få tillfälle att fritt utstråla. Ty om glödlampan får en betäckning eller ett omhölje, som hindrar den fria utstrålningen, blir den snart så het, att den kan sveda brännbara ämnen, ja till och med antända dem.

Lampans färdiggörande. Lampan måste nu vidare förses med någon inrättning för att kunna fastsättas i den hållare, som utgör förbindelsen med strömledningen. Denna inrättning utgöres af en metallinfattning och kan, såsom vi strax skola få se, vara af olika beskaffenhet men fastgjutes vanligen vid glasballongen med gips, hvadan själfva operationen benämnes »gipsning». Därjämte fastlödas vid fattningshylsan de ur glasballongen framstickande kontakttrådarna. Sedan följer fotometerprofningen, d. v. s. undersökningen af lampans ljusstyrka, hvilken verkställes enligt någon af de för sådana undersökningar vanliga metoder. De vanligen förekommande glödlamporna hafva, allt efter olika storlekar, en ljusstyrka af 10, 16, 25, 32, 50 normalljus, vid en spänning af 100—110 volt. Dock finnas äfven små lampor om 6 normalljus, för kronor, dekorationer o. d. Lampan förses slutligen med märken, angifvande ljusstyrkan och det erforderliga antalet volt samt tillverkarens namn. Stundom mattslipas glaset i en sandbläster eller på annat sätt.

De färdiga lamporna packas härefter i lådor, indelade i fack för hvarje lampa, eller ock begagnas till mellanlag ett slags korrugeradt papper, som visat sig vara särdeles ändamålsenligt. Och så äro lamporna klara att gå ut i världen.

Lamphållaren och hylsan. Då lampan skall användas, måste den sättas i förbindelse med den elektriska ledningen, och detta bör tydligen kunna ske på ett så enkelt sätt, att hvem som helst må kunna utan någon svårighet riktigt insätta och borttaga en lampa. Det gifves åtskilliga inrättningar så beskaffade, att lampan genom ett enkelt handgrepp kan insättas och bringas i förbindelse med strömledningen.

Man anbringar för sådant ändamål vid ledningstrådarnas ändar en *hållare* och kring lamphalsen en *fattningshylsa*, hvardera med mot hvarandra svarande kontakter. Nödvändigheten af en dylik bekväm anordning insågs från första stund af Edison, som med vanlig praktisk blick vid utarbetandet af sitt system tog noggrann hänsyn till alla sådana småsaker. Han gaf själfva fattningen formen af en skruf med grofva gängor, pressade af tunn koppar- eller mässingsplåt (fig. 204). Vid denna hylsas ände ingipsas ett plant kontaktstycke, som når fram några mm. utom själfva hylsan, skildt därifrån genom en gipsring. Detta kontaktstycke förenas med den ena af kolbågens ledningstrådar och den gängformiga hylsan med den andra. Lamphållarens öfre del bildas af en pressad skrufmutter, hvari den gängade fattningshylsan inskrufvas (fig. 205). I dess botten finnes en fjädrande platta, mot hvilken hylsans kontakt-

skifva tryckes vid inskrufningen. Denna fjäder står i förbindelse med den ena ledningstråden och muttern med den andra. Denna anordning var obestridligen mycket fyndig och praktisk, och Edison-hållaren är därför än i dag en bland de bästa och mest spridda. I Sverige användes den så godt som uteslutande.

Hängare och väggarmar för glödlampor. Hållaren med sin lampa måste någonstädes anbringas, och därmed komma vi till upphängningsanordningarna för glödlampor. Här ämna vi endast helt kort beröra denna del af glödlamptillbehören, med hänsyn till deras tekniska inrättning, men helt och hållet lämna å sido allt, som har afseende på deras konstnärliga utsmyckande.

Skall lampan uppsättas inne i ett rum, anbringas den antingen i taket eller på väggen. I förra fallet kan man helt enkelt låta lampan nedhänga i ett dubbel-

Fig. 204. Glödlampa med fattningshylsa för Edison-hållare.

Fig. 205. Edison-hållare.

Fig. 206. Glödlampa hängande i en dubbelledare.

Fig. 207. Dubbelledarkula för lampans höjning eller sänkning.

ledarsnöre. För detta ändamål fästes i taket en rosett eller s. k. utledarbricka, och därinom förenas dubbelsnörets båda ledningar med de strömförande ledningarna i taket (fig. 206). I snörets nedre ände fästes lamphållaren.

För att lätt kunna förändra lampans höjd brukar man någon gång leda dubbelsnöret i bukt genom ett i en kula borradt hål och kan då gifvetvis genom att förkorta eller förlänga öglan höja eller sänka lampan; snörets friktion i borrhålet är tillräcklig för att hålla det fast och uppbära lampan (fig. 207).

Att sålunda hänga lampan i själfva ledningstrådarna är både billigt och bekvämt, men det förutsätter, att snöret är skyddadt mot mekanisk påverkan, ty eljest kan isoleringen snart skadas och en kortslutning uppstå mellan ledningstrådarna, eller till och med snöret afslitas, så att lampan faller. Vanligen föredrar man därför en solidare och styfvare upphängning på så sätt, att ett metallrör med en lämplig fot fästes vid taket och ledningarna föras genom röret fram till den vid dess nedre

ände sittande lamphållaren (fig. 208). Denna inrättning bildar en öfvergång till *väggarmarna*. Man behöfver endast tänka sig, att hängrörets fot i stället fästes vid väggen. Då emellertid glödlamporna i de flesta fall skola kasta sitt ljus nedåt, böra de erhålla en lodrät eller nära lodrät ställning, med öfverdelen riktad nedåt. Stången måste därför på lämpligt sätt böjas, och då uppkommer den enkla väggarmen (fig. 209).

Fig. 208. Takhängare för glödlampor.

Fig. 209. Väggarm för glödlampor.

Fig. 210. Hängare för två glödlampor.

Fig. 211. Verkstadslampa.

En takhängare för *två lampor* visar fig. 210, liknande de bekanta dubbelarmarna för gasbelysning. På liknande sätt kan en hängare förses med tre, fyra eller flera armar, hvarvid ledningstrådarna föras genom den ihåliga stången och vidare förgrenas genom hvarje arm till dennas lamphållare.

Vid många tillfällen är det önskvärdt att kunna förflytta lampan, om den skall användas såsom arbetslampa i en verkstad eller på ett skrifbord. Detta låter sig lätt göra genom att helt enkelt begagna ett dubbelsnöre för en del af ledningen.

Ofta gör man därjämte kopplingen så, att den kan löstagas och lampan skiljas från ledningen samt undanflyttas. För detta ändamål fästes på väggen eller annan passande plats ett slags bricka, hvari strömledningstrådarna utmynna. I denna bricka passar en kontaktpropp, inrättad på samma sätt som glödlampans kontakt och förenad med den böjliga dubbelledarens ena ände. Ledarens andra ände är fäst vid lamphållaren. Fig. 211 visar en sålunda anordnad lampa för ett verkstadsbord, med ledningssnöre och kontaktpropp, hvilken man endast behöfver sticka in i brickan på väggen för att sätta lampan i förbindelse med strömledningarna. Naturligtvis kan man hafva dylika *väggkontakter* på flera platser, äfven i olika rum och på så sätt flytta och använda samma lampa efter behag på olika ställen (fig. 212).

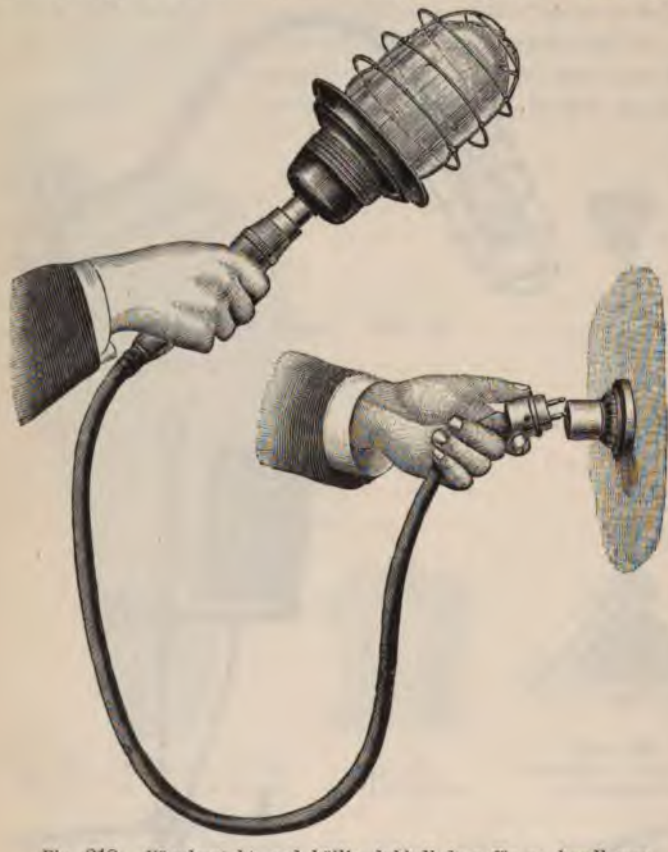


Fig. 212. Väggkontakt med böjlig dubbelledare för en handlampa.

Kupor och skärmar. En ensam glödlampa, utan något omhölje, skulle se alltför tom och mager ut. Man omger därför lampans undre del med en passande skärm eller kupa och vinner därigenom äfven den fördelen, att ljuset bättre sammanhålles i en bestämd riktning. För kupornas eller skärmarnas bekväma och säkra fästande finnas på lamphållarna särskilda s. k. *kuphållare*, försedda med små fästskrufvar.

Å arbetslampor begagnas ofta för ljusets koncentrering reflekterande skärmar af glas, lackeradt bleck eller af annat passande ämne. Vill man åstadkomma en starkare reflexionsverkan, användas reflektorer af blankpolerad metall eller glas. Man har jämväl försökt använda lampan själf såsom reflektor och för detta ändamål försilfrat ena delen af glasballongen, som då reflekterar ljuset. Sådana lampor hafva dock icke funnit synnerlig användning.

Vid flera tillfällen är det nödvändigt att skydda lampan med ett tätt omslutande, starkt omhölje af glas, ett s. k. skyddsglas. Detta är exempelvis fallet i fuktiga lokaler eller i fria luften, där lampan eljest snart skulle springa sönder. Mot yttre åverkan användas också skyddsnät af metalltråd. Understundom förenar man både skyddsglaset och skyddsnätet med hvarandra (fig. 212).

Sedan vi nu afslutat glödlampans beskrifning ur teknisk synpunkt, återstår att säga några ord i en fråga af ekonomisk art, nämligen angående

Glödlampans ekonomi och varaktighet. Ju starkare koltråden glödgas, desto gynnsammare ställer sig förhållandet mellan den utstrålade ljusmängden och det förbrukade strömarbetet, d. v. s. lampans verkningsgrad eller förmåga att tillgodogöra sig det tillförda arbetet, dess *ekonomi*. Det ligger därför i vårt intresse att drifva upphettningen möjligast högt och till så stark hvitglödning som möjligt. Men därvid möter en annan omständighet. Ju mer ekonomisk lampan i detta afseende göres, desto kortare blir dess varaktighet, och då glödlampor kosta penningar, så får denna faktor alldeles icke lämnas ur räkningen. Dessa båda faktorer måste därför kombineras på görligast bästa sätt, genom att drifva lampans ekonomi, på hvilken *driftkostnaden* beror, endast så långt, att den balanserar *utbyteskostnaden*, hvilken är beroende på varaktigheten.

I allmänhet fordrar man af en glödlampa en medellifslängd af 800—1,000 lystimmar. Icke alla lampor blifva så gamla, mången dör i sin blomstrande ungdom, men det finnes också riktiga jubelgubbar, som nå ända till 2,000 och 3,000 lystimmar, ja en och annan berömd Metusalem har hunnit upp till 6,000 och 8,000 timmar. Synnerligen mycket beror härvid på huru lampan blifvit skött. Har den varit utsatt för öfverdrifvet hög spänning, hämnar sig detta genom en förkortad lifslängd. Med hänseende till lampornas varaktighet äro både fabrikanter och konsumenter mycket beroende af omtänksamheten hos den maskinist, som sköter belysningsanläggningen, utan att likväl kunna därpå inverka annorlunda än genom goda råd.

För att själf skaffa sig en hållpunkt beträffande sina lampors medellifslängd låter fabrikanten bland de färdiga lamporna uttaga proflampor, hvilkas varaktighet undersökes. Att pröfva alla dessa lampor ända till deras fulla lifstid skulle emellertid kräfva alltför mycken tid och kostnad. Man undersöker fördenskull endast en mindre del under normala förhållanden och använder för de öfriga ett förkortadt förfarande. Lampan bringas för detta ändamål att lysa med en viss bestämd förhöjd spänning, hvilken dödar henne inom kort tid. En 16-ljus-lampa, afsedd för en normalspänning af 100 volt, får lysa med en spänning af ända till 125 volt eller mer, hvarigenom hennes lifslängd förkortas till 15—20 timmar. Denna noggrant studerade, förkortade lifslängd lämnar sedan en hållpunkt för att bedöma, huru många timmar lampan kunde hafva brunnit under normal spänning.

Med hänseende till lampans varaktighet får icke förbises, att hon efter hand försämras. Efter kortare eller längre tid, beroende på lampans godhet, märkes en minskning i lyskraften, hennes ekonomiska verkningsgrad börjar sjunka i följd af strömmens förstörande inverkan på koltråden, och delvis äfven därigenom, att afsöndrade kolpartiklar afsätta sig på glasballongens inre väggar och minska glasets genomskinlighet, så att äfven därigenom en ljusförlust uppkommer.

Glödlamptekniken har, oaktadt den korta tid, hvarunder den utvecklats, dock hunnit göra ej obetydliga framsteg. Under det att till en början en elektrisk hästkraft — ett mekaniskt arbete, lämnadt af en ångmaskin, turbin e. d., som i glödlampan omvandlats till något mindre än $7^1/_2$ ampères strömstyrka, vid 100 volt spänning motsvarar en elektrisk hästkraft — behöfdes för att mata 6—8 lampor af 16-normalljus' styrka, har man nu bragt antalet upp till 12—14, utan att lampans goda beskaffenhet därigenom lidit afsevärdt. Eller med andra ord, under det att en

16-ljus-lampa förut fordrade en strömstyrka af bortåt 1 ampère, är hon nu nöjd med ungefär hälften däraf. Denna omständighet är af vikt, och den förlorar icke sin betydelse, äfven om lampans varaktighet skulle något minskas. Vi skola nämligen snart finna, att den oftast dyraste delen af en elektricitetsanläggning är dess ledningsnät. Dessa ledningar måste vara desto gröfre i mån af strömstyrkan, och i samma mån blifva de naturligtvis dyrare. Men i fråga om anläggningskostnad och amortering för ett elektricitetsverk är det naturligtvis af vikt, om samma ledningar kunna föra ström för 1,000 eller 2,000 lampor, och det kan därför inom vissa gränser mycket väl sättas i fråga, huruvida det icke är fördelaktigare att betala något mer i lampkostnad och spara på anläggningskostnaden. Nyligen har man icke utan framgång sökt göra lamporna mera ekonomiska, utan att minska deras lifslängd. Tvifvelsutan kan i detta afseende ännu mycket åtgöras, och för den elektriska belysningen är detta en mycket betydelsefull fråga. Ty en vinst i glödlampornas ekonomi betyder billigare elektrisk belysning, och just i denna riktning måste man sträfva, om glödlampan skall kunna vinna öfvertaget i konkurrensen med gasen och gasglödljuset.

Just i dessa dagar kommer från Amerika en underrättelse, att den ryktbare Edison, outtröttlig i sina bemödanden att lämpa vackra uppfinningar för praktiskt bruk, med ledning af Röntgens bekanta upptäckt samt Hittorfs experiment konstruerat en »fluorescenslampa», hvilken förväntas blifva framtidens artificiella ljus. Dess sken är mildt och rikligt, likt dagsljuset, den åstadkommer ingen värmestrålning, och den uppgifves för en viss ljusstyrka icke behöfva mer än en tiondedel af den elektricitetsmängd, som åtgår till en vanlig glödlampa, hvadan detta ljus alltså skulle vara mycket billigt. Angående konstruktionen förmäles endast, att den lufttomma glasballongen i stället för glödkropp innesluter två små metallplattor, af hvilka den ena är vänd så, att de från andra plattan utströmmande elektriska ljusstrålarna afvika från axelns riktning och falla på glasets sidoväggar. Dessa äro delvis belagda med en inbränd, fluorescerande metallhinna, som alltså blir lysande när strömmen framgår genom lampan.

Huruvida denna lampa verkligen kommer att blifva framtidens, det må vara framtiden förbehållet att utvisa.

IV. Elektriska belysningsanläggningar.

A. Enskilda elektricitetsverk.

Strömalstringen. Motorer. — Dynamomaskiner. — Regleringsinrättningar. — Ledningssystemet. Strömfördelningen. — Ledningarna och deras uppsättning. — Afstängare och omkastare. — Säkerhetsapparater. — Ampère- och voltmätare. — Åskledare. — Val af lampor och dessas fördelning. — Montering. — Skötsel.

B. Allmänna elektricitetsverk.

Ledningssystemet. — Amerikanska elektricitetsverk. — Stockholms elektricitetsverk. — Elektricitetsmätare. — Elektricitetsverk med ackumulatorer. — Elektricitetsverk för växelström.

C. Belysningsanordningar för särskilda ändamål.

Elektrisk teaterbelysning. — Elektrisk belysning å fartyg. — Elektriska fyrar. — Elektrisk belysning å järnvägståg. — Elektrisk belysning för åkdon. — Transportabla belysningsmaskiner. — Elektrisk springbrunn. — Åtskilliga andra användningar af det elektriska ljuset.

A. Enskilda elektricitetsverk.

Vi öfvergå nu till en sammanhängande framställning af den elektriska strömmens alstring, fördelning och användning vid elektriska belysningsanläggningar. Då dessa anläggningar för närvarande representera den långt öfvervägande användningen af den elektriska strömmen, skola vi något utförligare redogöra för dem, och detta så mycket hellre, som hvad därom kommer att sägas till stor del äfven äger giltighet för andra elektriska anläggningar, och vi således angående dessa senare kunna i följande kapitel hänvisa till hvad här redan blifvit omtaladt. Det torde då vara lämpligast att först göra läsaren bekant med de mindre belysningsverken, vid hvilka det är lättare att uppfatta de typiska hufvuddelarna, och sedan öfvergå till en beskrifning af de större elektricitetsverken, hvilka mata flera tusen glödlampor och båglampor.

De mindre belysningsanläggningarna afse i allmänhet endast en enda byggnad eller åtminstone ett jämförelsevis litet belysningsområde och äro vanligen tillkomna såsom mera enskilda företag, hvadan de kunna benämnas *enskilda elektricitetsverk*, till åtskillnad från de för allmänna ändamål utförda stora centralbelysningsanläggningarna, hvilka vi därför benämna *allmänna elektricitetsverk*.

Vid hvarje sådan anläggning kan man särskilja vissa hufvuddelar, nämligen motorerna, generatorerna, ledningssystemet och själfva ljuskällorna, hvartill ytterligare kunna läggas anordningarna för strömmens påsläppande och afstängande samt det hela regleringen och öfvervakande. De båda förstnämnda hufvuddelarna jämte åtskilliga af de sistnämnda utgöra tillsammans hvad som i trängre mening egentligen borde benämnas »*elektricitetsverk*», d. v. s. den verkstad der elektriciteten åstadkommes.

Strömalstringen.

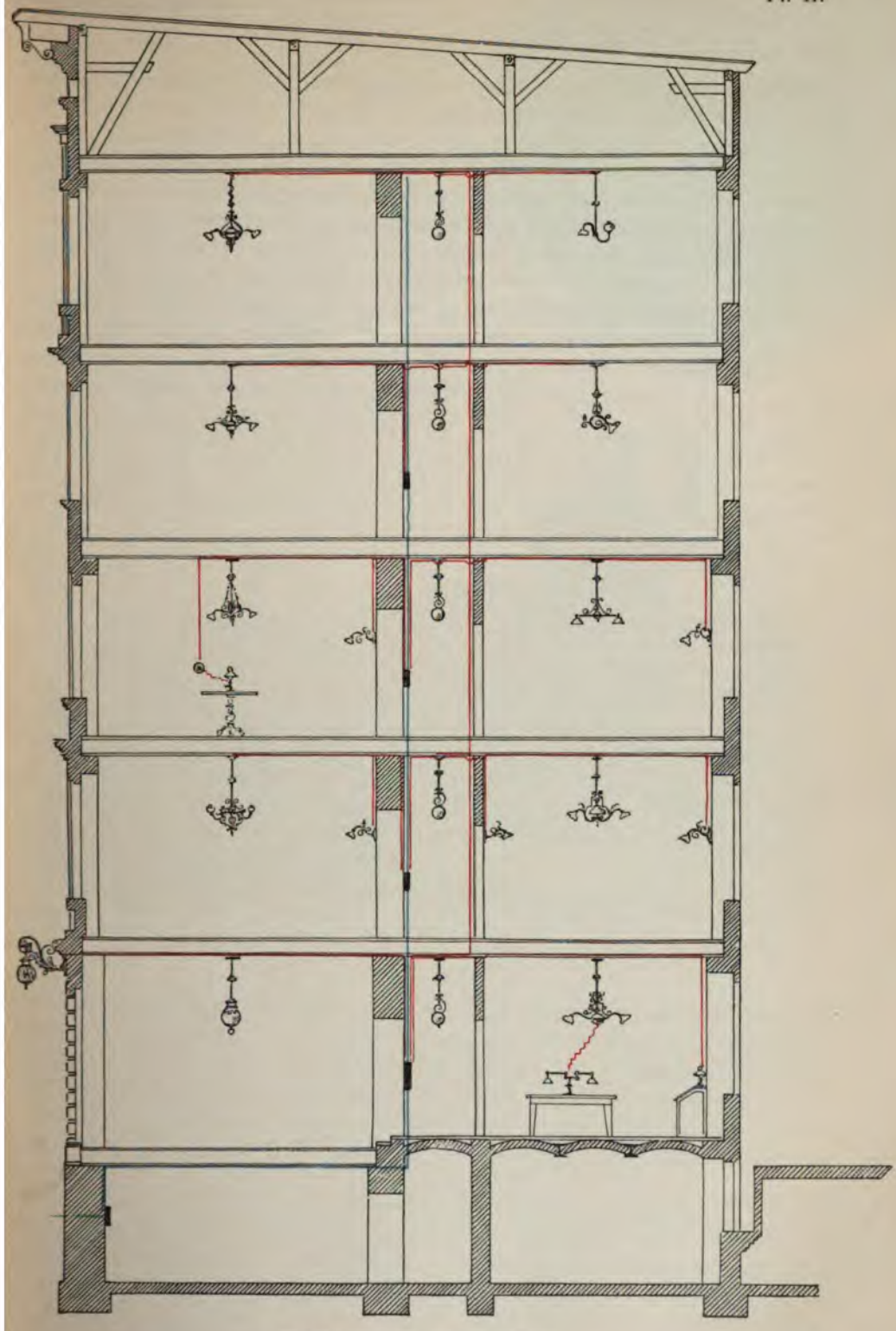
Motorerna åstadkomma den för dynamomaskinernas drifvande nödvändiga mekaniska energien och äro hufvudsakligen af tre olika slag: *ångmaskiner*, *gasmotorer* och *vattenmotorer*. Motorer för varmluft, tryckluft eller vind hafva nämligen endast undantagsvis kommit till användande för detta ändamål.

Bland nyssnämnda olika slags motorer äro ångmaskinerna de viktigaste, ty deras användning för elektrisk belysning är betydligt mera allmän än gas- och vattenmotorernas. Ortliga förhållanden kunna emellertid härvidlag föranleda mycken skiljaktighet. Där tillgång finnes på billig vattenkraft, erbjuder dess begagnande flera betydande fördelar, och i vårt land användes denna kraftkälla redan till ej så ringa omfattning för belysningsändamål. Hvilket betydande inflytande den elektriska belysningens snabba utveckling emellertid haft på ångmaskinindustrien, kan inses däraf, att för närvarande mer än 1,000,000 ånghästkrafter arbeta för frambringande af elektriskt ljus, och det stora flertalet af dessa maskiner äro tillverkade särskildt för detta ändamål, förnämligast under de sista 12—15 åren. Deras anskaffningskostnad kan anslås till 100—150 millioner kronor. Den elektriska belysningen har därför varit af stor betydelse för maskinindustrien och detta icke endast ur affärssynpunkt utan i många hänseenden äfven i tekniskt afseende.

Ångmaskineriet för elektrisk belysning öfverensstämmer i princip helt och hållet med andra dylika anläggningar och består således af ångpanna, ledningsrör och maskin. Hvad angår ångpannan, måste elektroteknikerna ganska ofta frångå de äldre, cylinderformiga ångpannetyperna af beprövad konstruktion. Detta beror i främsta rummet på nödvändigheten att på allra bästa sätt reda sig med ett knappt tillmätt utrymme, hvarför sådana pannor måste väljas, som nöja sig med liten plats men på samma gång förmå åstadkomma mycken ånga. Naturligtvis måste man därvid äfven taga i betraktande säkerheten mot explosionsfara, framför allt där ångpannan skall uppställas i närheten af boningslokaler eller till och med under sådana. Därför föredrager man ofta så kallade *vattenrörångpannor* eller *tubularpannor*, bestående af ett stort antal smala vattenrör, hvilka åt den kringflammande elden erbjuda stor yta och således medgifva snabb och kraftig ångbildning med relativt ringa fara.

Mera intresse än ångpannan erbjuder ångmaskinen, sådan den vanligen förekommer vid elektriska anläggningar. Dynamomaskinen fordrar en mycket jämn gång hos motorn icke endast i fråga om antalet omlopp i minuten utan äfven under hvarje särskildt hvarf. Saknas denna likformighet och jämnhet i gången, då kommer dynamomaskinens spänning att variera upp och ned, och för sådana växlingar äro glödlamporna ytterst känsliga; de flämta till och med, när skarfven på drifremmen går öfver remskifvan, om nämligen skarfven är för tjock.

När lampor tändas och släckas i relativt större antal, inträder en plötslig förändring af dynamomaskinens kraftbehof, och det är då för ångmaskinen icke så lätt att hålla variationerna i omloppshastigheten inom tillbörligt trånga gränser. Det har kostat fabrikanterna rätt mycken möda att åstadkomma ångmaskiner, som i detta afseende motsvara elektroteknikernas stora fordringar. Också kommo maskiningeniörer och elektrotekniker allt emellanåt i strid med hvarandra, då bådadera arbetat å samma anläggning, där icke allt syntes vilja passa rätt väl tillsammans och driftresultatet utfalla efter önskan. Då klagade elektrikern öfver ångmaskinen och den



Elektrisk inomhusbelysning.

Hufvudledning. — Biledning.

förtörnade ångmannen sökte skjuta skulden på den elektriska delen af anläggningen. Ibland kunde de kanske hitta på en tredje, mot hvilken de förenade sig med sin klagan. Hade hvarken den ena eller andra parten till exempel levererat drifremmarna mellan motorn och generatorn, så enades man lätt om att göra denna mellanled till syndabock. Stundom hade väl de allierade då ej heller så alldeles orätt, ty remtransmissionen i en elektrisk anläggning var ingalunda någon hugnesam bundsförvant. Till en början stram i tjänsten, emedan den endast med tvång kan förmås att intaga sin plats, blir den efter hand slapp och förrättar sitt arbete mindre pålitligt. Att snart komma till rätta med en dylik tjockhudad kamrat var icke lätt, och därför blef det nödvändigt för de elektriska ingeniörerna att ordna saken på annat sätt. För att blifva oberoende af drifremmarnas slaknande uppställdes dynamomaskinerna så, att de kunde något förskjutas och remmarna spännas till

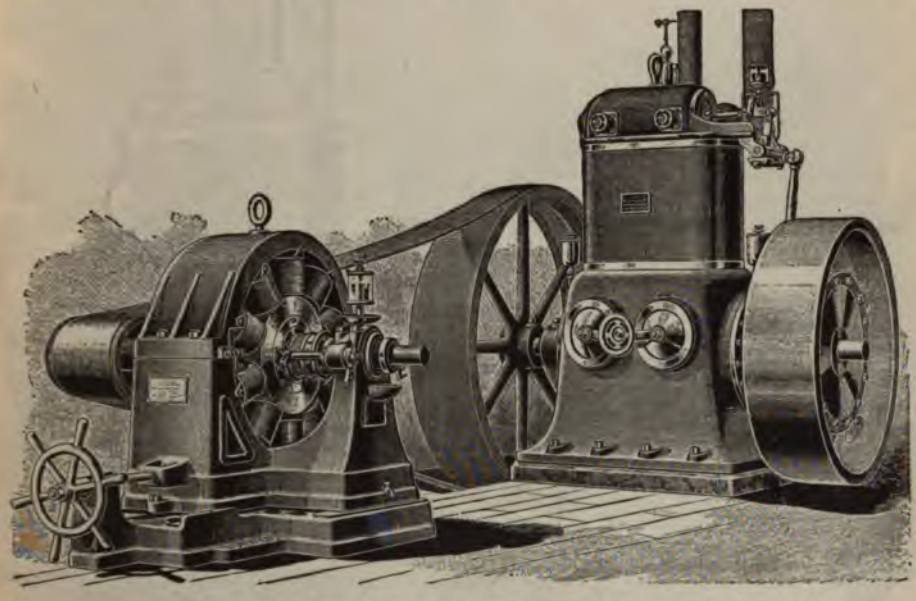


Fig. 213. Ångmaskin och dynamo med remtransmission.

och med under gång. En blick på fig. 58 visar, att den där afbildade maskinen står på tvenne glidskenor, så kallade spännlinjaler, och medelst en skrufinrättning kan skjutas tillbaka, så att remmen tillbörligt spännes. Men därigenom har man icke aflägsnat möjligheten att remmen kan springa af, ett mycket ledsamt missöde, i synnerhet då det gäller att belysa stora festsalar med en talrik samling glada gäster, hvilka från en strålande belysning skulle finna sig med ens försatta i becksvart mörker.

Af dessa och andra skäl sökte man vid elektriska anläggningar att helt och hållet slippa de förargliga remmarna. Detta var dock lättare sagdt än gjordt, ty remmarna hade att fylla en viktig uppgift. De äldre dynamomaskinerna hade nämligen ett ganska högt omloppstal, 1,000 hvarf och mer i minuten, under det att ångmaskinerna icke gärna gjorde mer än 200 slag. För att utjämna denna olikhet måste man använda remtransmission och ej sällan därjämte en mellanaxel, alltså två remmar. Det var redan ett vackert framsteg, då dynamomaskinernas omloppshastighet

kunde pressas ned till 600—700 hvarf och man således kunde godt hjälpa sig med en rem. Fig. 213 visar en ångmaskin* och en dynamomaskin förenade medelst drifrem.

Å andra sidan voro ångmaskinkonstruktörerna icke overksamma. De åstadkommo snart *hastigt gående* ångmaskiner, hvilka kunde direkt förenas med dynamomaskinerna utan remtransmission. Fig. 214 visar en sådan anordning. Båda de här afbildade ångmaskinerna förskrifva sig från Westinghouses fabrik.

Sedan de s. k. *ångturbinerna* på sista tiden kommit i marknaden, hafva rollerna blifvit ombytta mellan ångmotorn och dynamomaskinen. Nu är det motorn som har för hastig gång i förhållande till dynamon, och därför har man å nyo

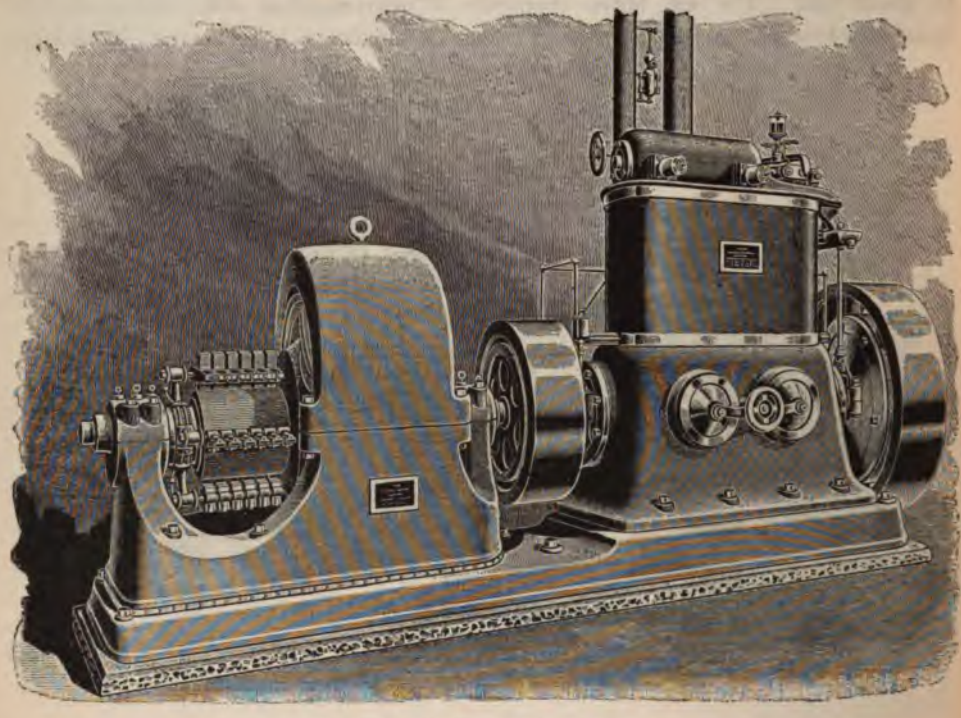


Fig. 214. Hastigt gående ångdynamo.

måst tillgripa transmissionsutväxling mellan dem. Men med de stora hastigheter, hvarom här vanligen är fråga, skulle en remtransmission, om ens möjlig, i alla händelser vida oftare gifva anledningar till bekymmer och förargelse än vid de ofvan omtalade anordningarna. Man har därför ingen annan utväg än att anlita kugghjulsutväxlingar, men det har sannerligen icke varit någon lätt sak att omgestalta dessa till former, lämpliga för det här ifrågavarande ändamålet. Fig. 215 visar en anordning af detta slag, en *turbindynamo* från *Aktiebolaget de Lavals ångturbin* i Stockholm. Längst till höger står själfva dynamomaskinen, i midten synes en plåtkåpa, inneslutande kugghjulsutväxlingen, och längst till vänster ångturbinen, alla tre ställda på en och samma bottenplatta. Vid de mindre af dessa maskiner roterar turbinen med en hastighet af 30,000 hvarf, hvilka emellertid genom utväxlingsmeka-

* Ångmaskiner och andra motorer beskrifvas i en annan del af detta arbete.

nismen nedsättas till 3,000 hvarf för dynamomaskinens induktor. Till följd af denna höga omloppshastighet kan dynamon göras ovanligt liten och hela maskineriet föga skrymmande.

Men vi hafva kanske talat alltför illa om drifremmarna. Opartiskheten fordrar, att vi också tala något om de sträfvanden, som gjorts att förbättra dem. Gent emot de förenade anloppen af maskiningeniörer och elektrotekniker blefvo remfabrikanterna å sin sida icke overksamma utan ansträngde sig på det högsta att förbättra sin vara, så att den kunde motsvara de stegrade fordringarna. En drifrem har ofta en ledsam benägenhet att på remskifvan snabbt åka öfver omväxlande åt höger och vänster. Men detta kommer sig af fibrernas läge i oxhuden. Dessa löpa nämligen från ryggen nedåt i sneda linier, och i följd däraf hafva remmar, utskurna ur hudens sidostycken, en benägenhet att förskjutas på remskifvorna motsvarande den sneda fiber-

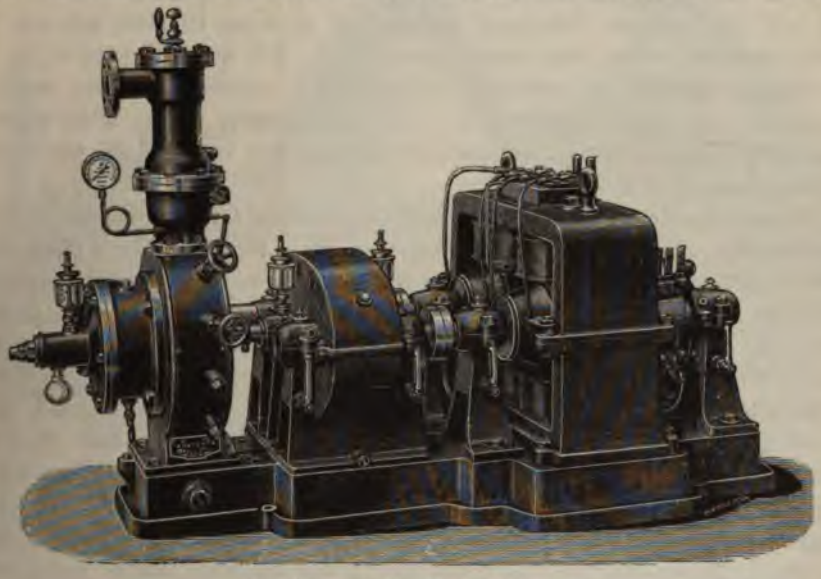


Fig. 215. De Lavals turbindynamo.

riktningen. Till förekommande häraf utskäras därför drifremmar, särskildt afsedda för elektriska behof, ur hudens ryggparti, så att från remmens midtlinie fiberriktningen går snedt åt båda sidor och således de motsatta verkningarna häraf upphäfva hvarandra. Detta visar, att man icke får lämna ens småsaker ur räkningen, när man vill åstadkomma en god och säkert arbetande elektrisk anläggning.

Genom sådana och andra små förbättringar har man numera kommit därhän, att äfven remtransmissionen är ganska tillförlitlig, hvarför den ock vid mindre anläggningar användes i mycket stor utsträckning. Vid större anläggningar däremot, och särskildt vid de stora elektricitetsverken, där det gäller att från ångmaskinen öfverföra flera hundra hästkrafter, brukar man nu för tiden nästan utan undantag direkt förena dynamon med ångmaskinens axel. En maskinkombination af detta slag visas å Pl. I.

Förutom ångmaskiner användas äfven *gasmotorer* till icke ringa utsträckning för drifvande af dynamomaskiner. För smärre belysningsanläggningar är en sådan motor ganska lämplig och bekväm, emedan den fordrar relativt liten tillsyn och inom några

få minuter kan sättas i gång. Härtill kommer, att gasmotorn tar jämförelsevis litet utrymme i anspråk och därför kan uppställas i en eljest obegagnad vrå eller i allmänhet ganska lätt kan få plats, desto hellre som med en dylik motor explosionsolycka icke är att befara och dess uppställande därför icke stöter på hinder från lagar och författningar.

Den största spridningen hafva de bekanta *Ottoska* gasmotorerna från Deutz erhållit, af hvilka vid slutet af år 1894 mer än 1,400 stycken med sammanlagdt öfver 16,500 hästkrafter arbetade i den elektriska belysningens tjänst. Denna *gasmotorfabrik* har särskildt sträfvat att för ifrågavarande ändamål utbilda sina motorer, hvilka också i själfva verket motsvara äfven rätt stora fordringar. Fordran på ett lugnt elektriskt ljus mötte vid dessa maskiner till en början den svårigheten, att de vid full belastning endast för hvartannat hvarf emottaga drifmedlets arbetsimpuls och vid minskad belastning regleras så, att dessa impulser helt och hållet uteblifva under ett större eller mindre antal hvarf. För hvarje impuls, d. v. s. för hvarje gång laddningen af brännbar gasblandning i cylindern antändes, sedan den på grund af regleringen uteblifvit en eller flera gånger, märkes alltid någon om ock en mycket ringa ändring i svänghjulets hastighet och en däraf följande blinkning hos glödlamporna.

Till undvikande af denna olägenhet har fabriken inrättat sina för elektriska ändamål afsedda motorer så, att kraftimpulserna gifvas regelbundet och utan afbrott, äfvensom åstadkommit en tillfredsställande reglering genom att låta cylinderns laddning af brännbar gasblandning rätta sig efter kraftbehofvet för ögonblicket. Dessutom användas två cylindrar, som funktionera turvis, så att en kraftimpuls alltid meddelas för hvarje hvarf af axeln.

Huruvida gasmotorn skall, på grund af drifmedlets minskade kostnad, kunna, såsom många intresserade hoppas, blifva en framför allt billig och därför företrädesvis använd kraftmaskin för elektricitetsverk — i sådant fall borde likväl den billigare vattengasen ha de bästa utsikterna — må vara en framtidsfråga. För närvarande har gasmotorn sin egentliga betydelse som en bekväm kraftmaskin och finner därför, såsom redan framhållits, sin hufvudsakliga användning vid mindre anläggningar. Emellertid tillverkas redan gasmotorer för ända till 100 hkr., och man hoppas kunna komma till ännu högre arbetskraft. För mindre belysningsverk passar gasmotorn äfven i det afseendet rätt väl, att den har en jämförelsevis hastig gång, i medeltal 180 hvarf i minuten, och kraften följaktligen kan öfverföras från motorn till dynamon genom en enkel remtransmission utan mellanaxel.

Nyligen har man gått ett steg längre och omedelbart kopplat dynamomaskinen till gasmotorn, så att också här remmen gjorts öfverflödig och en betydlig besparing vunnits i utrymme. Den bekanta tyska fabriksfirman *Gebr. Körting* vid Hannover har fört i marknaden sådana så kallade *gasdynamomaskiner* (fig. 216). Dynamomaskinens induktor sitter här omedelbart på motorns förlängda hufvudaxel. Dynamons stativ med elektromagneterna är därjämte fäst direkt vid motorns grundplatta, så att båda maskinerna äro fast förenade till ett helt. Dessa gasdynamomaskiner utmärka sig för en rätt stor jämnhet i gången.

Det tredje slaget motorer för elektriska ljusanläggningar är, som ofvan nämndes, *vattenmotorerna*. I fråga om driftkostnad äro dessa gifvetvis alltid de billigaste, då de endast kräfva utgifter för tillsyn och reparationer men icke några kostnader för själfva kraftkällan, vattnet — oafsedt dess inköp, förstås, där sådant måste ske. En sådan

billig drifkraft får genom dess omsättning till elektricitet gifvetvis ett högre värde, ty därigenom kan området för dess nyttiga användande betydligt utvidgas. Ett uppseendeväckande bevis därpå lämnade den epokgörande energiöfverföringen mellan Lauffen och Frankfurt am Main. Det var första gången som en kraftledning af 170 kilometers längd genomilades af den elektriska strömmen; lampor och motorer i Frankfurt matades med elektrisk kraft, alstrad af vattenfallet i Neckar vid Lauffen. Ännu mera storartad kommer den numera i gång varande anläggningen för tillgodogörande af Niagaras vattenkraft, en gång fullt färdig, att blifva, genom hvilken man har för afsikt att uttaga betydande kraftbelopp och elektriskt fördela dem till stora afstånd. Visser-

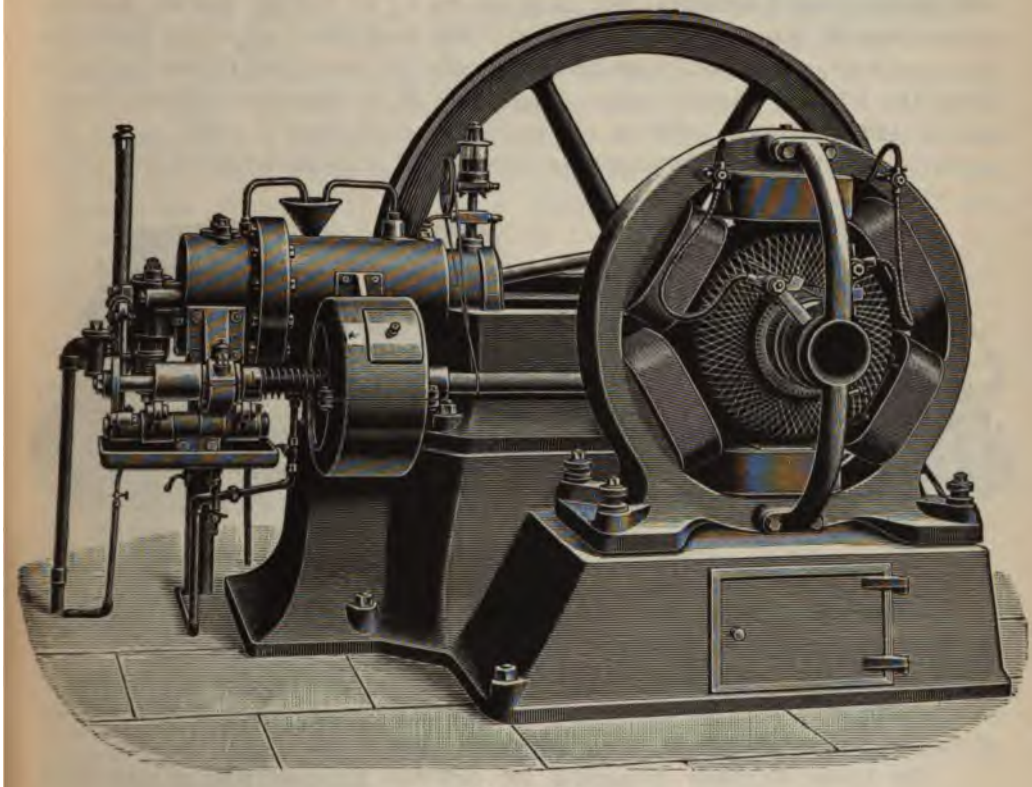


Fig. 216. Gasdynamo.

ligen intaga de elektriska anläggningarna för vattenkraft ännu en underordnad plats bredvid dem för ångkraft, men deras antal och betydelse är dock i ständigt stigande, och i sådana trakter, där bränslet är dyrt men tillräcklig vattenkraft att tillgå, söker man naturligtvis gärna att göra sig denna till godo. I detta afseende må nämnas — förutom vårt eget land — Schweiz, Norge och vissa delar af Nordamerika. När betydande kvantiteter elektrisk ström måste åstadkommas billigt, såsom förhållandet är särskildt inom den elektrokemiska industrien, är tillgång å vattenkraft framför allt af stort värde.

Såsom vattenmotorer användas i främsta rummet *turbiner* så väl med vertikal som horisontal axel. Den senare anordningen föredrages vid mindre anläggningar, emedan man gärna vill koppla dynamomaskinen direkt till turbinens axel och dynamo-

maskinerna bruka hafva horisontal axel, så vida de icke äro särskildt konstruerade att förenas med en vertikal turbinaxel.

Fig. 217 visar en turbinanläggning vid stålverket Terni i Italien. Axeln är horisontal och uppbär å hvardera änden armaturen till en dynamomaskin. Pressvattnet har en tryckhöjd af 200 meter och fördelas på flera dylika mindre turbindynamos, på det att de arbetande maskinernas antal må kunna vid hvarje tillfälle lämpas efter kraftbehofvet.

En bland de största anläggningarna i vårt land, där vattenkraft tillgodogöres på elektrisk väg, är utförd af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget i Västerås vid *Hofors bruk* i Gefleborgs län. Icke mindre än sex turbiner äro där uppsatta, representerande sammanlagdt en summa af 1,390 hästkrafter. Af de sex turbinerna äro fyra, hvar och en på 300 hästkrafter, afsedda att lämna kraft till hvar sin motor i det $2^1/_2$ kilometer därifrån belägna valsverket. Af de öfriga två turbinerna lämnar en på 150 hästkrafter drifkraft till en mängd småmotorer i verket, medan den sjette på 40 hästkrafter tjänstgör för drifvande af magnetiseringsmaskinerna åt de

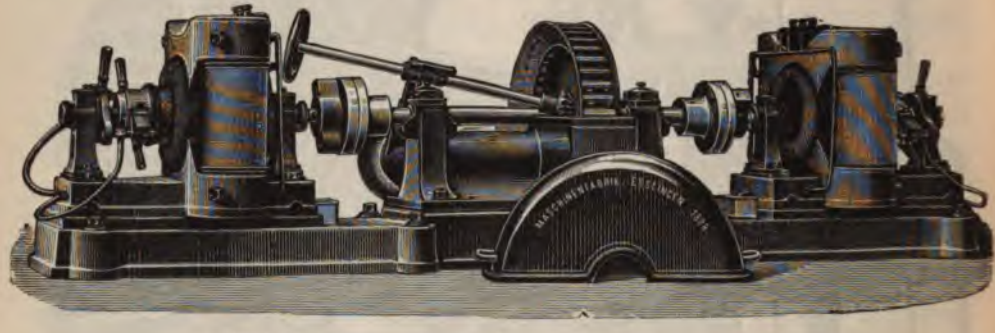


Fig. 217. Dynamomaskiner och turbinmotor med horisontal axel.

större elektriska maskinerna. Dessa senare äro växelströmmaskiner af så kalladt trefassystem, de båda mindre äro Wenströms likströmmaskiner. Hvarje turbinaxel går med en hastighet af 480 hvarf i minuten, och hvarje växelströmmaskin är direkt kopplad vid sin turbinaxel. De större växelströmmaskinerna hafva en tyngd af 23 ton, hvaraf ensamt den rörliga armaturen väger 4 ton.

En annan betydande anläggning för elektriskt tillgodogörande af vattenkraft har jämväl utförts af Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget vid *Månsbo* midt emot Avesta vid Dalälfven i Kopparbergs län för elektrokemiska ändamål. Här skola vi dock icke vidare ingå på en redogörelse för dessa anläggningar, då de icke afse det nu ifrågavarande ämnet, den elektriska belysningen.

För belysningsändamål har man i vårt land redan till icke så ringa utsträckning tagit vattenkraften i anspråk, och detta icke endast för större eller mindre enskilda anläggningar utan äfven för hela stadsbelysningar. *Hernösand* har i detta afseende gått i spetsen och torde måhända kunna berömma sig af att vara den första ej endast svenska utan till och med europeiska stad, som skaffat sig fullständig elektrisk gatubelysning. Redan i december månad 1885 tändes nämligen därstädes de elektriska båglamporna för första gången. Den till deras matande behöfliga strömmen föres den 3,5 kilometer långa vägen från de med vattenkraft drifna dynamomaskinerna vid Gådeån. Äfven i *Falun*, *Eskilstuna*, *Örebro* och *Nyköping* användes vattenkraft

för stadsbelysningen, och på sista tiden har också *Östersund* gått i författning om att utbyta sin af ånga drifna belysningsstation mot en ny, hvartill kraft skall tagas från ett vattenfall på ej mindre än 20 kilometers afstånd från staden.

Dynamomaskiner. Antalet dynamomaskiner och dessas storlek vid en belysningsstation rätta sig naturligtvis efter anläggningens omfång och i synnerhet efter det största antal lampor, som kunna antagas brinna samtidigt. För smärre anläggningar upp till två eller tre hundra lampor brukar man nöja sig med en enda dynamomaskin, af hvilken man då gifvetvis är beroende; man måste då finna sig i att hela belysningsområdet försättes i mörker, om dynamon för någon tid blir otjänstbar. Till undvikande af ett sådant missöde måste man vid många tillfällen hafva en andra maskin i reserv. Ofta föredrager man då att använda några mindre maskiner i stället för en enda större sådan och därjämte uppställa en eller annan maskin i reserv. Då icke gärna alla dynamomaskinerna kunna komma i olag på en gång, behöfver man följaktligen icke skaffa reserv till mer än en viss del af hela anläggningen. Men finnes det blott en motor för alla dynamomaskinerna, är man uppenbarligen på samma sätt beroende af denna, och den nyss omtalade uppdelningen af själfva strömkällan bör således följdriktigt föranleda en delning af drifkraften, vare sig så att hvarje dynamo får sin egen motor eller att en motor får betjäna en grupp af generatorer. *

Då remtransmission alltid utöfvar en ganska stark dragning på maskinen, är det alldeles nödvändigt, att denna fästes ganska stadigt vid sitt underlag och att detta äger tillräcklig styrka. Belysningsmaskineriet bör ställas så lågt ned som möjligt, helst i källarvåningen, där man kan mura en särskild bädd, hvarpå dynamomaskinen ställes antingen omedelbart eller på spännskenor, såsom förut omnämnts. Vanligen lägges ett isoleringsskikt mellan maskinen och grunden till förekommande af ledande förbindelse med jorden, därest isolationsfel skulle uppstå i maskinen. I nu gällande föreskrifter för elektriska anläggningar, utfärdade af de svenska brandförsäkringsbolagens tariff-förening, är bestämdt, att de elektriska maskinerna skola vara på ett tillfredsställande sätt isolerade från jorden.

För att lätta tillsynen och skötseln af dynamomaskinerna böra dessa så vidt möjligt uppställas fritt tillgängliga från alla sidor. Af samma orsak böra de strömförande ledningarna från maskinen anordnas så litet hinderliga som möjligt och dragas därför gärna från maskinens polskrufvar rakt upp till maskinrummets tak och vidare utmed detsamma.

När flera maskiner användas för samma anläggning, få de antingen mata *hvart sitt särskilda ledningsnät* eller också *arbeta gemensamt* för ett enda ledningssystem.

Den första anordningen passar för båglampbelysning, med lamporna fördelade i grupper och inom hvarje sådan kopplade efter hvarandra i en och samma ledning. Men man bör på samma gång hafva så tillställdt, att hvarje maskin kan inkopplas och lämna ström till hvilken lampgrupp som helst, och använder för detta ändamål särskilda omkopplingsapparater.

Skola flera dynamomaskiner gemensamt arbeta för ett enda ledningssystem, måste man först och främst tillse, att hvarje maskin har normal spänning. Vore detta icke fallet, utan någon maskin hade lägre spänning, skulle denna maskin själf taga till sig ström från ledningsnätet i stället för att ditsända sådan. En del af ström-

* Med denna benämning betecknas i allmänhet apparater, som alstra elektrisk ström.

men från de öfriga maskinerna komme då att passera genom den icke tjänstgörande maskinen i stället för att gå genom lamporna. Hvarje maskin måste därför hafva kommit fullt upp till den rätta spänningen, innan den kopplas tillsammans med de andra maskinerna. Men detta är dock icke nog, ty äfven med fullt riktig spänning kan en maskin likväl vara overksam, om den också icke tager till sig ström från de andra maskinerna. Man måste jämväl tillse, att den verkligen utför sin del af arbetet, att den utskickar sin tillbörliga del af strömmen, och man har därför att, under observation af strömmätaren (hvarom mera längre fram), inreglera maskinen så, att den ordentligt förrättar sin tjänst.

Regleringsinrättningar.

Enklast sker regleringen vid de s. k. shuntmaskinerna. Den genom fältmagneternas trådlindning gående strömmen modifieras medelst ett inkoppladt föränderligt motstånd (jfr sid. 75), så att den elektromotoriska kraften ökas eller minskas i förhållande till den önskade arbetsmängden.

Fig. 218. Spänningsregulator för shunt- och kompoundmaskiner.

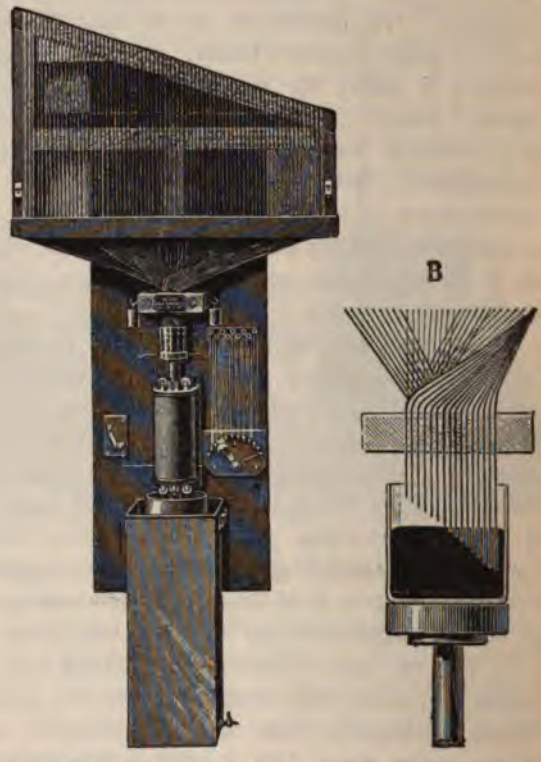


Fig. 219. Ganz & C:os självverkande spänningsregulator.

Kompoundmaskinerna kallas visserligen med det betecknande namnet »likspänningsmaskiner» men fordra det oaktadt en, om ock mera begränsad, regleringsanordning för vidmakthållande af normalspänning. Man inkopplar därför äfven i deras fältmagneters shuntlindning (se sid. 76) ett föränderligt motstånd, och därtill användes ofta en sådan apparat, som visas af fig. 218. Vid denna apparat går strömmen genom kontaktvredet och den af de nedre kontaktknapparna, på hvilken armen är inställd, samt vidare genom de till vänster om denna kontaktknapp befintliga trådspiralerna, som den passerar den ena efter den andra, tills den utgår ur apparaten vid den sista spiralens ände. Flyttas kontaktarmen en knapp åt höger, har strömmen att genomgå ytterligare en spiral, och motståndet har sålunda ökats. På detta sätt kan man genom att flytta armen införa flera eller färre motståndsspiraler i shuntlindningen kring dynamomaskinens elektromagneter och därigenom också förändra strömstyrkan i densamma.

Man har också försökt att göra regleringen självverkande. Flera konstruktioner af dylika automatiska spänningsregulatorer användas. Principen för de flesta sådana apparater visas ganska tydligt af fig. 219. Spiralerna stå i förbindelse med hvarandra, så att strömmen kan genomgå dem allasamman en efter annan. Två och två af dessa spiraler äro nedtill förenade, och från denna punkt utgår nedåt en metalltråd, som slutar i en rak kontaktstång. Dessa kontaktstänger nedhänga uti ett kvicksilfverkärl, där deras ändar bilda en sned linie (fig. 219, *B*), så att vid kärlets höjande kvicksilfret först kommer i beröring med den längsta stången, ytterst till höger, hvilken står i förbindelse med strömmens inledningspolskruf, samt vidare med alltflera af dem. Har kärlet exempelvis blifvit lyft så högt, att tre kontaktstänger neddoppa i kvicksilfret, så går strömmen icke genom de båda första spiralerna, då den kan komma på den lättare vägen genom kvicksilfret fram ända till den tredje stången. Men från denna måste den passera alla återstående spiraler till vänster, den ena efter den andra, för att utgå ur apparaten vid den sista spiralens öfre ände. Nu inses lätt, att den ena spiralen urkopplas efter den andra i mån som kvicksilfverkoppen höjes. Men denna sitter på öfre änden af en rund järnstång, som tillika utgör kärna i en trådspole, hvilken är förenad med dynamomaskinens polskrufvar. Då den strömstyrka, som passerar spolens lindningar, beror på spänningen vid polskrufvarna, och spolens attraktionskraft bestämmes af strömstyrkan i dess lindningar, så kommer tydligen järnkärnan att dragas desto djupare in i trådspolen, ju större spänningen är. Men ju mera järnkärnan och kvicksilfret dragas nedåt, desto flera spiraler d. v. s. desto större motstånd införes i shuntledningen, desto mindre blir således strömstyrkan i dennas lindningar kring fältmagneterna och följaktligen desto lägre dynamomaskinens spänning. Om maskinspänningen stiger, åstadkommer den automatiska regulatorn alltså dess sänkande till normal höjd, liksom å andra sidan en möjligen för lågt nedgången spänning genom regulatorn automatiskt bringas upp till normal höjd. Den automatiska spänningsregulatorn motsvarar således på sitt område ångmaskinens regulator inom dess verksamhetsfält.

På samma sätt kan strömstyrkan regleras och hållas vid ett bestämdt värde. Af hvad härom blifvit sagdt i det föregående (sid. 75) inses, att dessa förfaringssätt grunda sig på ändring af strömstyrkan i elektromagneternas lindningar, hvarigenom dessas magnetiserande kraft, eller »*magnetfältets intensitet*», ändras och i följd däraf dynamomaskinens elektromotoriska kraft och spänningen vid polskrufvarna undergå motsvarande förändring. Detta förfarande är det allmännast använda, men dock icke det enda. Man kan äfven ändra polspänningen genom att *flytta kollektorborstarna* en viss vinkel. Denna regleringsmetod är använd vid den i fig. 74 afbildade Thomson-Houston-dynamon, som har en automatisk apparat för borstarnas flyttning. För de vanligen förekommande likströmmaskinerna passar den emellertid mindre bra, ty den orsakar gnistbildning vid kollektorn.

Dynamomaskinens elektromotoriska kraft kan äfven regleras genom ändring af maskinens omloppstal. Detta förfarande användes dock sällan. Motorn är då försedd med en automatisk regulator, hvilken påverkas af den elektriska strömmen och vid växande spänning eller strömstyrka minskar pådraget och tvärt om.

Slutligen återstår också ytterligare ett medel, det enklaste men det olämpligaste, nämligen att insätta ett motstånd i den yttre, från dynamomaskinen utgående strömbanan och motväga variationerna i spänning eller strömstyrka genom att öka eller minska detta motstånd. Detta medel är så olämpligt därför, att det nämnda

motståndet omvandlar energi i värme och denna bortgår utan all nytta. Då vi numera känna till bättre och mindre förlustbringande regleringsmetoder, ifrågakommer väl knappast att på detta sätt i själfva hufvudströmbanan införa ett regleringsmotstånd, så vida detta nämligen skall utöfva en länge fortvarande verkan, hvaremot detta medel nog användes, såsom vi längre fram skola finna, vid motorer och en del galvanotekniska anordningar för att under en kortare stund reglera strömmens till- eller aftagande.

Ledningssystemet.

Strömfördelningen. Från dynamomaskinen passerar strömmen genom ledningarna till lamporna. Såsom redan i det föregående blifvit omtaladt, kunna lamporna i strömbanan antingen ordnas *i serie*, så att strömmen går från den ena till den andra, eller också *parallelt*, så att hvarje lampa erhåller sin särskilda del af hela den frammatade strömmängden. Denna sista anordning användes mest, och vi skola därför till en början och mera utförligt sysselsätta oss därmed.

Tillförseln af en viss bestämd strömmängd till hvarje lampa betingar icke nödvändigtvis, att hvarje lampa äfven skall ha sin särskilda ledning från dynamomaskinen. Ledningstrådarna till flera lampor kunna förenas till en gröfre sträng, så långt de gå samma väg, och sedan afgrenas efter hand. Alldeles på samma sätt förfar man ju ofta vid större bevattningsanläggningar, då hela vattenmängden till en början ledes i en enda kanal från floden eller sjön fram till bevattningsområdet, men där fördelas till flera eller färre småkanaler, som leda vattnet till olika delar af fältet och som i sin ordning genom mindre kanaler eller diken sprida det allt vidsträcktare omkring.

Vid den elektriska strömfördelningen har man på enahanda sätt en hufvudledning ända fram till de ställen, där de första grenledningarna afskiljas. Från dem utgå sedan grenledningar af andra ordningen, hvilka i sin tur fördelas i ändå finare ledningar, i hvilka lamporna äro insatta. Fig. 220 visar schematiskt denna anordning; de streckade linierna föreställa de parallela återledningarna och de små cirklarna de inkopplade lamporna. För att bättre förstå det sagda vilja vi tänka oss det tillämpadt på ett bestämdt fall, t. ex. en större fabriksanläggning. Strömmen från dynamomaskinen ledes först till en å maskinrummets vägg befintlig s. k. instrumenttafla, försedd med tvenne kopparskenor, med hvilka hufvudledningarna till de särskilda fabriksbyggnaderna äro förenade. Hufvudledningarna, som föra hela den samlade strömmängden, äro alltså ganska korta, ty afgreningarna börja redan på några få meters afstånd. Ledningarna, som utgå från kopparskenorna, hafva mycket olika groflek. De gröfsta mata 100 lampor i fabriksrummet, hvaremot de smäckraste stanna inom maskinrummet, afsedda endast för dess fåtal lampor. Ledningarna för öfriga byggnader, magasin, kontor samt boningshus, gå genast efter utträdet ur maskinhuset åt olika håll till sina respektive byggnader. Låtom oss följa ledningarna till kontorsbyggnaden. De föras först in i portvaktsbostaden, där en ledning afgrenas till tvenne båglampor framför ingången samt en liten lampa för portvaktsrummet. Vidare följa de trappuppgångarna ända upp till öfversta våningen och med grenledning till hvarje våning in i dess tambur. Från våningens hufvudledning gå sedan finare ledningstrådar till de särskilda rummen och till en eller flera lampor i tam-

buren. I ägarens arbetsrum dela sig ledningarna genast, så att en gren går åt höger till en lampa på skrifbordet och en annan åt vänster till en väggarm öfver soffan samt slutligen ett par ledningar rakt fram till takets midt, där de nedgå i en krona och till sist förgrenas i dess särskilda armar. Plansch II ger en föreställning om en liknande inomhusanläggning.

I samma mån som den elektriska strömmen under vägen fördelas åt olika håll tagas ledningstrådarna mindre grofva, ty grofleken måste rättas efter strömstyrkan men jämväl efter väglängden, såsom vi redan af det föregående veta. Sålunda voro ledningarna från dynamomaskinen till instrumenttaflan tumstjocka kablar. Till fabriksrummet fördes strömmen genom fingertjocka ledningar, hvaremot ledningarna till kontorsbyggnaden, som äro afsedda endast för 50 lampor, hafva något klenare dimensioner. Under vägen uppför trapporna i huset skulle man kunnat i hvarje våning ytterligare minska grofleken i förhållande till mängden af den ström som aflämnats, men till undvikande af skarfvar föredrager man vanligen att låta de uppgående hufvudledningarna inomhus behålla samma dimensioner ända till öfversta våningen.

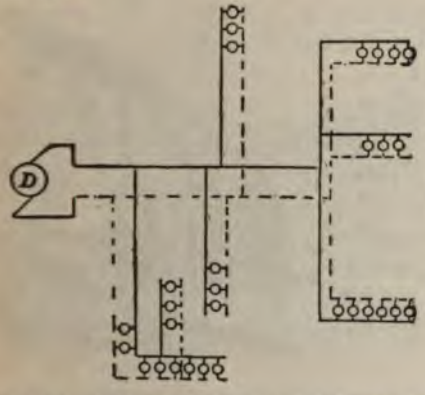


Fig. 220. Elektriska lampor i parallelkoppling.

Att ledningarnas dimensioner måste afpassas efter strömstyrkan är, såsom lätt inses af det föregående, en följd af den elektriska strömmens förut omnämnda värmeverkan i ledningstråden; man måste naturligtvis laga så, att denna uppvärmning icke stiger till en farlig höjd. Elektroteknikerna hafva i detta afseende

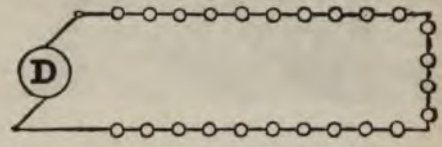


Fig. 221. Elektriska lampor i seriekoppling.

uppställt enkla formler för beräkning af ledningarnas grofiek. Men därvid måste hänsyn tagas äfven till en annan omständighet. Energiförlusten i ledningarna gör, att spänningen sjunker mellan två närliggande punkter på fram- och återledningen, beroende på strömstyrkan och motståndet i ledningssträckan allt ifrån dynamomaskinen till det ställe, hvarom fråga är. Men för att lysa med riktig ljusstyrka fordrar glödlampan sin bestämda normalspänning. Om nu alla ledningarna ända från dynamon hade samma tvärskärning och lika beskaffade glödlampor insattes på olika ställen, skulle de komma att lysa olika starkt. I närheten af dynamomaskinen skulle en lampa lysa klarare än en annan längre bort i ledningarna, kanske på flera hundra meters afstånd från den förra. Ledningarnas tvärsnitt måste därför så beräknas, att spänningsförlusten blir så nära som möjligt densamma för alla lamporna och dessa alltså kunna lysa lika klart. Då, frånsedt trådmetallens inflytande, motståndet i ledningarna bestämmes af deras tvärsnitt tillsammans med längden, måste trådens grofiek afpassas på sådant sätt, att en dylik likformig spänningsförlust erhålles. Detta sker genom en enkel beräkning, på hvilken vi emellertid icke skola inlåta oss.

Vid uppgörandet af planen för en belysningsanläggning antager man en viss tillåten spänningsförlust i ledningarna, och denna kan väljas olika. Bestämmer man

sig för en större förlust, så kunna ledningarna göras smäckrare, än om förlusten tages mindre; under denna förutsättning blir anläggningskostnaden billigare men driftkostnaden högre. För mindre anläggningar bör man obetingadt stanna vid en ringa spänningsförlust, ty den ökade kostnaden för gröfre ledningar har vid sådana anläggningar icke någon afgörande betydelse, och den uppväges till fullo af de fördelar, som vinnas genom tillräckligt grofva ledningar. Vid större elektricitetsverk kan ställningen blifva en annan, då driftkostnaderna behöfva noga afvägas mot utgifterna för ränta och amortering på anläggningskostnaden.

Enklare och billigare än ett ledningsnät med parallelkoppling ställer sig seriekopplingen, där lamporna insättas den ena efter den andra i en och samma rundgående ledning. Detta strömfördelningssystem (fig. 221) kan jämföras med ett vattenverk, där flera vattenhjul äro anordnade efter hvarandra i samma vattendrag.

Ingen delning af vattnet äger rum till de olika hjulen, utan hela vattenmassan strömmar öfver dem alla, och hvart och ett af dem tillgodogör en viss del af hela

Fig. 222. Seriekoppling

Fig. 223. Parallelkoppling

af tre vattenhjul såsom förtydligande exempel på olika elektriska strömfördelningssystem.

fallhöjden. På samma sätt förhåller det sig med seriekopplade lampor, hvilka alla genomlöpas af hela strömstyrkan men däremot taga för sig hvar och en blott en viss del af den totala spänningen. Seriekoppling betyder alltså delning af spänningen, parallelkoppling däremot delning af strömstyrkan. Figurerna 222 och 223 tydliggöra denna skillnad vid ett vattenfall med tre vattenhjul.

I öfverensstämmelse med det nu sagda kan man alltså koppla t. ex. 10 båglampor, hvar och en afsedd för 45 volts spänning och 10 ampères strömstyrka, antingen parallelt eller i serie. I förra fallet erfordras en dynamomaskin om 45 volt — spänningsförlusten i ledningarna, för enkelhetens skull, lämnad ur räkningen — och $10 \cdot 10 = 100$ ampères strömstyrka, samt 10 grenledningar, hvar och en för 10 ampère, antingen direkt från dynamomaskinen eller hellre från de gemensamma hufvudledningarna. Men i senare fallet passerar samma strömkvantitet genom samtliga lamporna, hvarför dynamomaskinen endast behöfver lämna en strömstyrka af 10 ampère, men i stället en spänning af $45 . 10 = 450$ volt till fördelning på de särskilda lamporna.

Såsom lätt inses, medför seriekopplingen en betydlig besparing af ledningsmateriel. Om de 10 lamporna exempelvis äro uppsatta i en större sal, låt vara på 200 m. afstånd från dynamomaskinen, så behöfvas vid seriekoppling endast ett par ledningar, en fram och en tillbaka, hvardera om 200 m. längd och med ett tvärsnitt, afpassadt för 10 ampères strömstyrka; men vid parallelkoppling måste i stället 10 par ledningar af samma längd och groflek uppsättas, hvilka dock, så länge de följa samma väg, naturligtvis sammanslås till ett par ledningar med 10 gånger så stort tvärsnitt. »Men om så är förhållandet», anmärker säkerligen läsaren, »hvarför använder man då öfver hufvud någonsin den så mycket dyrare parallelkopplingen»?»

Skälet därtill är ganska enkelt. Om man exempelvis ville inkoppla allenast 10 glödlampor på 100 volt i serie, skulle man redan komma upp till en spänning på 1,000 volt, och gällde det 100 lampor ända till en spänning på 10,000 volt. För den, som oförsiktigt komme i beröring med de förra ledningarna, vore en elektrisk stöt antagligen icke dödande, men vid de senare skulle den alldeles säkert slå ihjäl sin man. Ensamt denna personliga lifsfara utgör ett bestämdt hinder mot ett allmännare användande af seriesystemet. Men oafsedt detta viktiga skäl finnes ytterligare ett annat: vid parallelsystemet äro de särskilda lamporna vida mindre beroende af hvarandra. Om ett afbrott inträffar på ett ställe i en serieledning, slockna *alla* lamporna, hvaremot vid parallelsystemet endast de lampor slockna, som befinna sig i samma ledningsgren.

Af dessa skäl måste parallelsystemet gifvetvis väljas, så snart det gäller att från en centralstation mata ett jämförelsevis större antal lampor. Däremot passar seriesystemet för ett mindre antal lampor på stort afstånd från strömkällan och då man kan ställa så till, att högspänningsledarna blifva oåtkomliga för beröring. För glödlampor användes seriesystemet högst sällan men däremot rätt ofta för båglampor. I vårt land och i allmänhet i Europa har man därvid stannat vid en mycket lägre gräns för volttalet än i Amerika. Flera än 15 båglampor i serie med en total spänning af 800 volt förekomma knappast, och därjämte vidtagas skyddsåtgärder mot obehörig beröring af ledningar eller lampor. Men i Amerika drager man sig ej för att insätta ända till 100 båglampor i samma serie, med en total spänning upp till 5,000 volt, och hyser där ej heller någon betänklighet att införa sådana högspänningsledningar äfven i butiker, magasin o. s. v. Amerikanernas förtjänst i fråga om elektroteknikens utveckling kan icke bortresoneras, men obestridligt är dock i alla fall, att deras anläggningar icke kunna anses mönstergilla i fråga om sorgfälligt utförande eller säkerhetsåtgärder, och därför är det ej heller underligt, om antalet olycksfall i Amerika, genom beröring af högspänningsledningar, är långt större än i gamla världen.

Ledningarna och deras uppsättning. På de lokala förhållandena beror, om ledningarna kunna framdragas fritt i luften eller om de måste fästas vid väggarna utom eller inom hus. I allmänhet är den senare anordningen den vanligaste, och vi skola i det följande hufvudsakligen sysselsätta oss med sådana anläggningar.

Af väsentlig vikt är härvid frågan om isoleringens beskaffenhet. I det föregående är omtaladt, att denna bland annat beror af omgifningens fuktighetsgrad. I torra lokaler är nog med en god isolerande öfverklädnad kring tråden. Enligt bestämmelserna för en belysningsanläggnings anslutande till Stockholms elektricitetsverk skall *isolerad tråd* bestå af förtent koppartråd, omgifven af minst ett hvarf bomulls-

spinning, ett tätt lager af gummiband, ett andra hvarf bomullsspinning och slutligen en flätning af jute eller dylikt, impregnerad med lämplig isoleringsmassa.

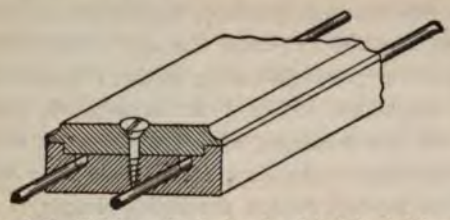


Fig. 224. Trälister för isolerade elektriska ledningar.

När isolerade ledningar föras utefter väggar och dylikt, inläggas de vanligen i kälade trälister (fig. 224), som täckas med påskrufvade lock. Dessa trälister böra aldrig läggas under puts. De kunna det oaktadt lätt döljas genom öfvertapetsering eller målning. Ledningarna få här ett säkert läge, men vid ett möjligen uppkommande fel kan träet lätt råka i brand, och om fuktighet på ett eller annat sätt inträngер i rännorna, blir den kringstängda tråden lätt förstörd. Man börjar därför upphöra med användningen af trälister och täckta ledningar, där sådana icke äro alldeles nödvändiga. Trådarna fästas i stället med porslinsknappar vid väggarna, så att de ligga på ett afstånd därifrån af ungefär en centimeter (fig. 225), eller också inläggas de mellan trä- eller porslinsklämmor (fig. 226, 227).

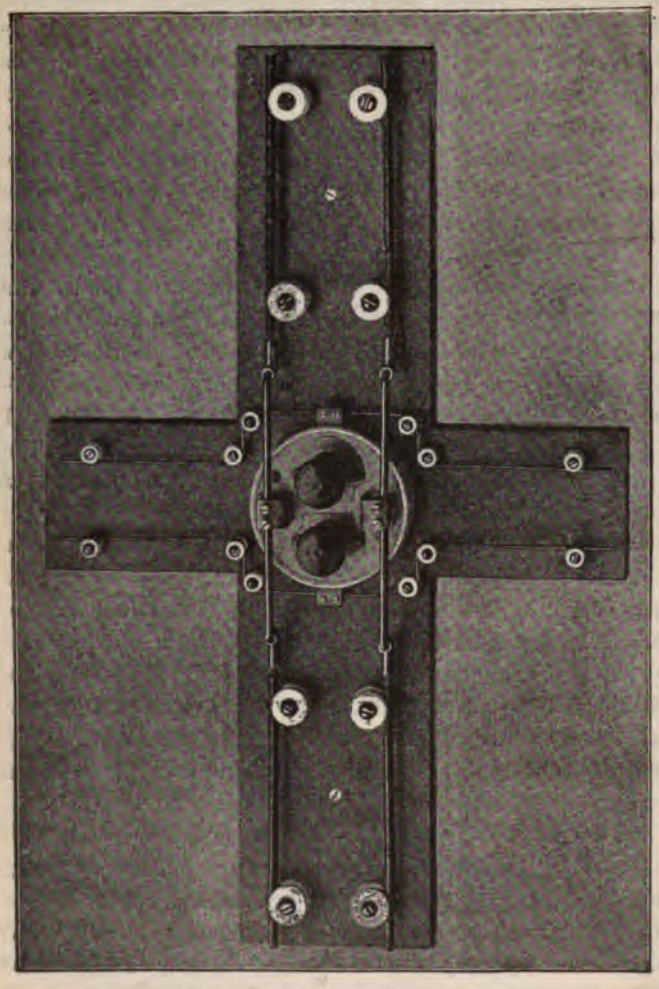


Fig. 225. Ledningstrådar fästa vid porslinsknappar.

Inomhusledningar, som äro bättre skyddade för åverkan och vid hvilka man äfven fäster stort afseende vid ett godt och prydligt utseende, utföras stundom efter ett af Peschel uppfunnet system med dubbelledarsnören, som dragas genom i väggarna fästa små mässingsspikar med porslinsringar (fig. 228) för detta ändamål. För mässingsspikarnas fästande inslås först i väggen ett hål medelst

det härför särskildt afpassade proppjärnet (fig. 230), hvarefter en träpropp indrifves i hålet och mässingsspiken inslås med tillhjälp af en klufven påsättare (fig. 229).

I fuktiga lokaler fordras stor omsorg och mycket god ledningsmateriel. Enligt de svenska brandförsäkringsbolagens tariff-förenings bestämmelser skola i fuktiga lokaler ledningarna fritt uppbäras af isolatorer af porslin, glas eller annat lika väl isolerande ämne och äfven vara försedda med extra stark isolering af vulkaniserad kautschuk. Härmed nära öfverensstämmande äro bestämmelserna för ledningars dra-

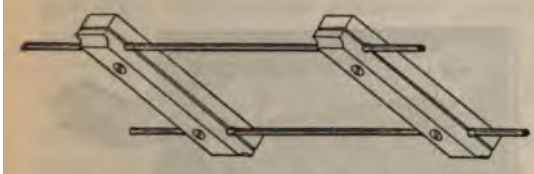


Fig. 226. Ledningar med träklämmor.

Fig. 227. Porslinsklämmare för elektriska ledningar.

gande genom murar, ty sådana äro oftast mer eller mindre fuktiga. I väggar eller taklag måste nämligen hvarje enkelledare eller dubbelledare vara omgifven af ett tillräckligt långt rör af godt isolerande och eldsäkert material, så beskaffadt, att isoleringen å ledningen däraf icke kan skadas.

Ej sällan begäres, att ledningarna skola läggas i vägg- och takputsen, i förbigående sagdt en föga förståndig önskan, ty om ett fel uppstår — och mot sådana kan man dock aldrig absolut skydda sig —, återstår ej annat än att rifva upp putsen eller tillgripa den nästan vanligare åtgärden att kapa ledningarna, låta det skadade stycket

Fig. 228. Mässingsspik med porslinsring.

Fig. 229. Påsättare (full storlek).

Fig. 230. Proppjärn (half storlek).

ligga kvar i putsen samt i dess ställe sätta upp nya trådar utanpå väggen eller tapeterna. Sådana ledningar, som skola läggas i puts, måste naturligtvis hafva en mycket god och stark isoleringsklädnad, ty eljest skulle de lätt förstöras genom fuktigheten. Tariff-föreningens föreskrifter innehålla, att ledningar, förlagda i tak- eller väggputs, i trossbottnar eller bakom panel, skola vara utförda med isolerad tråd i eldsäkra och isolerande rör, eller med vulkaniserad kabel i metallrör, eller med vulkaniserad och armerad kabel, eller med armerad och asfalterad blykabel eller på något annat fullt jämngodt sätt.

Ett enkelt och tillfredsställande sätt för ledningarnas läggande i väggar och tak erbjuda de af oss förut omnämnda »Bergmanns isoleringsrör» (sid. 121), hvilka funnit rätt mycken användning äfven i vårt land.

Underjordsledningar hafva sin egentliga betydelse för de stora centralanläggningarna, elektricitetsverken, hvarför deras närmare beskrifning lämpligast sker i sammanhang med dessas. De kunna emellertid utföras på olika sätt. I vanliga fall gräfves i marken en kanal 60—80 cm. djup, och däri nedläggas ledningskablarna, försedda med särskildt för detta ändamål afsedd isolerande skyddsklädnad. Till förekommande af kablarnas skadande vid sedermera möjligen behöflig uppgräfning täckes kanalen ofta efter hela sin längd med tegelsten eller dylikt, innan den igenlägges. Ofta nedlägges å bottnen en

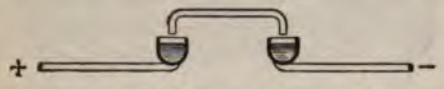


Fig. 231. Afstängare af enklaste slag.

Fig. 232. Afstängare.

fortlöpande serie rör, hvari kablarna sedermera indragas. Denna anordning erbjuder det företrädet, att en kabel kan uttagas och repareras eller ombytas äfvensom nya kablar efter behof införas, så länge utrymmet i rören det tillåter. Såsom vi längre fram skola få se, användes detta förfaringssätt ganska allmänt så väl vid elektriska belysningsanläggningar som vid telegraf- och telefonanläggningar.

Afstängare och omkastare. En gifven fordran vid ifrågavarande anläggningar är, att strömkretsen må kunna bekvämt *öppnas* och *slutas*. Härvid må anmärkas, att inom elektrotekniken benämningarna »öppna» och »sluta» användas i motsatta bemärkelser mot de vanliga. Då strömvägen *slutes*, kan nämligen den elektriska strömmen passera genom den fullständiga ledningsbanan, men om den *öppnas*, då är vägen afbruten och strömmen äfvenså. Att *sluta strömkretsen* är således likbetydande med att *öppna väg* åt strömmen, och omvändt att *öppna strömkretsen* är detsamma som att *stänga vägen* för strömmen. I stället för det något förvillande uttrycket: öppna strömkretsen, begagnar man äfven ofta och hellre uttrycket: *afbryta* eller *afstänga* strömmen.

Fig. 233. Afstängare med dubbelkontaktarm.

Fig. 234. Afstängarens yttre utseende.

De apparater, som begagnas för att sluta eller afbryta strömmen, benämnas *afstängare*. Skall anordningen tillika vara sådan, att den elektriska strömmen, på samma gång den afstänges åt ett visst håll, ledes öfver åt ett annat, begagnar man en så kallad *omkastare* eller *omkopplare*.

I princip utgöres en afstängare af en på något ställe i ledningen förekommande del, som efter behag kan göras ledande eller oledande, så att i senare fallet strömmen icke kan komma fram. En afstängare af allra enklaste slag visar fig. 231.

Ledningen är afbruten på ett kort stycke, och vid båda ändarna äro fästa små metallkoppar, delvis fyllda med kvicksilfver. En bygel af metalltråd kan med sina omböjda ändar nedsättas i kvicksilfverkopparna, och strömmen kan då genom metallbygeln och kvicksilfret passera från den ena änden af ledningen till den andra. Borttages bygeln, så finnes mellan trådändarna ett isolerande luftlager, som strömmen icke kommer öfver, så vida spänningen icke är så hög, att gnista eller ljusbåge kan bildas. Det första fallet kunna vi här lämna ur räkningen, ty det förutsätter så höga spänningar, att helt andra anordningar då erfordras, än hvad vi nu mena med afstängare. Men uppkomsten af ljusbåge är möjlig redan vid relativt låg spänning, och den kan förebyggas genom ett tillräckligt stort afstånd mellan trådändarna.

Att på detta sätt använda kvicksilfver vid elektriska anläggningar skulle emellertid af flera skäl vara ganska olämpligt, och det kan också ganska lätt undvikas, emedan kvicksilfret icke har någon annan uppgift än att åstadkomma ledande förbindelse mellan bygeln och ledningarnas ändar. Samma ändamål kan vinnas, om blott beröringsytorna äro metalliskt blanka. Under denna förutsättning kunde man helt enkelt hänga trådbygeln på ledningarna och därigenom afbryta och påsläppa strömmen. Emellertid skulle med denna anordning trycket mellan anliggningsytorna och därmed den ledande beröringen blifva alltför ringa, och dessutom är det naturligtvis förmånligare att hafva föreningsbryggan ständigt fäst vid ena trådänden, så att den alltid är till hands. En enkel förändring i detta syfte är att genom en tapp förena det strömslutande ledningsstycket med ledningens ena ände, så att det kan vridas till och från dess andra ände (fig. 232), formad som kontaktplatta. Den rörliga kontaktstången måste emellertid ligga hårdt an och gnida mot kontaktplattan, på det att metallytorna städse må hållas blanka och kontakten dem emellan blifva god. Sammalunda måste metallytorna vid kontaktstångens vridningsställe vara tillräckligt stora och lagom trycka mot hvarandra, så att en god kontakt erhålles.

Kontaktstången kan naturligtvis också göras dubbelarmad, så att den med båda ändar bringas i beröring med ledningstrådarnas kontaktplattor. Därigenom erhålles en symmetrisk anordning, hvilket vid många tillfällen kan hafva sina fördelar.

En på detta sätt inrättad afstängare visas å fig. 233 och 234. Båda armarna bilda vinkel med hvarandra, hvilket naturligtvis icke har någon principiell betydelse; vridningen sker medelst det uppstående platta handtaget. Den tredje kontaktplattan har tillkommit för ett särskildt ändamål.

Vid dessa apparater är emellertid ännu en sak att uppmärksamma, nämligen att kontaktarmen vid undanvridningen icke får stanna nära intill kontaktplattan utan alltid föres tillräckligt långt därifrån, och likaså att tillvridningen sker fullständigt. Om den stannade för nära kontaktplattan, kunde det hända, att vid strömmens afbrytande en ljusbåge bildades, eller om beröringen mellan armen och plattan vore otillräcklig, att beröringsstället starkt upphettades. Till undvikande af dessa båda icke alldeles ofarliga olägenheter förses afstängaren med en liten hjälpinrättning, som tvingar armen att fullt öfvergå åt ena aller andra hållet, antingen till fullt afbrott eller till full kontakt. Dylika inrättningar kunna utföras på olika sätt, af hvilka ett må här antydas. Den i fig. 232 visade enkla kontaktstången förses i detta syfte med en spiralfjäder, som drar den åt ena eller andra sidan, såsom fig. 235 visar. Man inser lätt, att fjädern alltid sträfvar att draga armen till det ena eller andra ytterläget, sedan den passerat en viss punkt. Äfven vid mindre noggrant hand-

hafvande af apparaten kommer armen i alla fall att springa öfver i endera ytterläget. Vid större strömbrytare har man till och med handtaget och kontaktarmen icke fast förenade med hvarandra utan vridbara hvar för sig, så att handtaget endast ett helt kort stycke påverkar kontaktarmen, hvarefter denna under fjäderns inflytande och oberoende af handtaget slår öfver till ytterläget. Fig. 236 visar en på detta sätt inrättad strömbrytare.

Af mycket stor vikt är, att beröringsytorna få en storlek, motsvarande den strömstyrka, som skall genomledas, samt att kontakten dem emellan är god. För detta ändamål sammansättes kontaktarmen af skilda, fjädrande skifvor, hvilka hvar och en för sig utöfva ett tryck mot kontaktplattan,

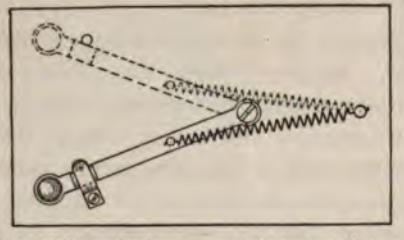


Fig. 235. Afstängare med fjäderinställning.

Fig. 236. Strömbrytare med fjäderinställning och fritt rörlig kontaktarm.

hvarigenom armens ändyta kommer att noga lägga sig emot denna platta och gifva en god kontakt (fig. 237). Eller ock kan man å kontaktarmen fästa ett bredt knifformadt stycke (fig. 238), som, när strömmen skall slutas, skjutes in mellan två eller flera par bladfjädrar. Denna anordning är användbar för strömbrytare af alla stor-

Fig. 237. Afstängare med kontaktarm af fjädrande skifvor.

Fig. 238. Afstängare med knifformigt blad och fjädrande slida.

lekar men användes i synnerhet för stora strömstyrkor. Numera förekomma strömbrytare för strömstyrkor ända till 2,000 ampère och därutöfver, tillräckliga att inom några minuter förbränna hela strömbrytaren, därest kontakten skulle vara otillfredsställande.

Det återstår att nämna något om ett särskildt slags afstängare, nämligen dem, som finnas på glödlamphållarna. Allmänheten är vid gasbelysningsapparaterna van att hafva en afstängningsinrättning strax intill själfva brännaren; för att efterlikna

gaskranen har man också försett själfva glödlamphållaren med en afstängare, som till det yttre liknar en gaskran. Att lamphållaren på detta sätt erhållit sin egen afstängare erbjuder naturligtvis den fördel, att hvarje lampa för sig kan tändas och släckas utan att man behöfver anordna särskilda ledningar från lampan till en å väggen anbragt afstängare. Bilderna fig. 239 och 240 visa så väl det yttre af en

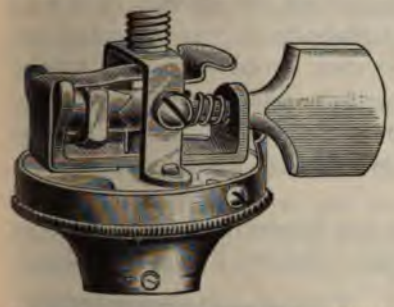


Fig. 239. Afstängare för glödlamphållare.

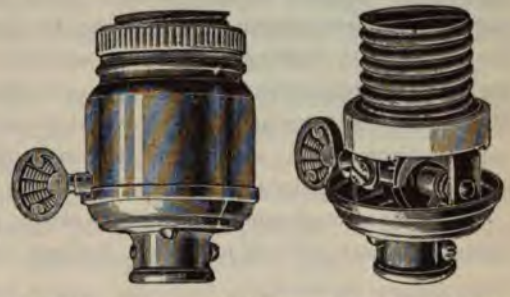


Fig. 240. Hållare med afstängare, s. k. kranhållare.

dylik kranhållare som också den inre anordningen af själfva afstängaren, hvilken för öfrigt kan utföras på olika sätt.

Bottenplattan till afstängare gjordes till en början vanligen af trä o. d.; men då erfarenheten visade, att man äfven vid dessa apparater kan befara antändning genom strömmen, tillverkas plattorna numer af eldfast material, porslin, skiffer eller dylikt. I de svenska brandförsäkringsbolagens föreskrifter bestämmes, att strömbrytare och omkastare skola

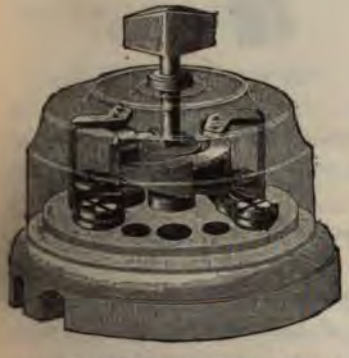


Fig. 241. Dubbelpolig afstängare.

Fig. 242. Proppkontakt.

Fig. 243. Hermetiskt sluten afstängare.

hafva obrännbara och äfven i fuktigt rum väl isolerande bottenplattor samt, om de icke äro under ständig kontroll, vara omgifna med skyddskåpor af eldsäkert material, som innesluta alla strömledande delar.

Fig. 241 visar en afstängare försedd med skyddskåpa, hvilken, ehuru tecknad såsom genomskinlig, dock icke är af glas utan endast framställd på detta sätt, för att man må kunna se äfven underliggande delar. Afstängaren sluter och afbryter

strömmen momentant. Tvenne kontaktfjädrar släpa mot fyra kilformade kvadranter, som tillsammans bilda en ring och af hvilka tvenne motstående äro belagda med metallplattor, men de båda mellanliggande utgöras af isolerande material. Ligga kontaktfjädrarna an mot metallkvadranterna, så är strömmen sluten. Vrides kvadrantringen, så höjas fjädrarna något och falla sedan in mot den nästföljande kvadrantens lägsta del, hvarvid strömbrytningen alltid sker momentant och säkert. På samma sätt sker strömslutningen. Afstängaren är jämväl dubbelpolig, d. v. s. ej endast den ena utan båda ledningarna brytas samtidigt. De stora strömbrytare, som befinna sig i elektricitetsverkens maskinrum och alltså stå under ständig uppsikt, bruka ej förses med betäckning, så vida det ej är fråga om farligt höga spänningar. Utom maskinrummen böra afstängarna däremot alltid vara täckta, hvilket äfven fordras af brandförsäkringsbolagen.

I det föregående är omtaladt, att en lampa kan förenas med ledningarna på sådant sätt, att den vid behof kan löstagas och flyttas. För att i sådant fall åstad-

Fig. 244. Päronafstängare.

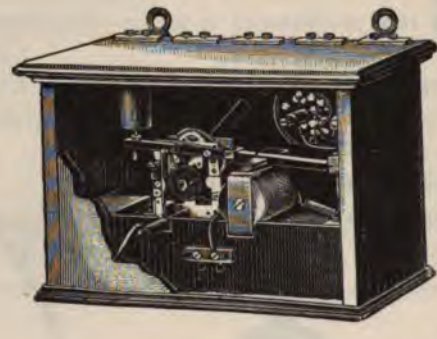


Fig. 245. Automatisk trappafstängare.

Fig. 246. Tvåvägs-omkastare.

komma en bekväm koppling med de fasta ledningarna förses dubbelsnöret med en så kallad *proppkontakt* och de fasta ledningarna med en motsvarande kontaktbricka på väggen (fig. 242).

Den i fig. 243 visade afstängaren, som vid första påseende liknar ett ridspö, är afsedd för mycket fuktiga lokaler, t. ex. ölkällare o. d., där en icke hermetiskt tillsluten afstängare snart skulle blifva otjänstbar. För att göra den hermetiskt sluten föras båda ledningarna tillsammans genom ett rör af isolerande material, och de båda blanka ändarna instickas, vederbörligen åtskilda, i ett gemensamt ihåligt handtag, fullkomligt tätt mot yttre luften. I dess inre finnes något kvicksilfver, som, då afstängaren upphänges på en krok eller vändes upp och ned, kommer i beröring med båda trådändarna och sålunda bildar en brygga för strömmens öfvergång dem emellan. Då handtaget omvändes eller nedtages, samlas kvicksilfret i dess underdel och når icke upp till trådändarna, hvadan dessa blifva elektriskt skilda och strömmen afbrytes.

I lokaler med elektrisk belysning anbringas afstängarna efter behof på olika platser, så att de alltid äro bekvämt åtkomliga. I vanliga boningsrum sättas de gärna alldeles invid dörren, så att man genast efter inträdet kan tända belysningen

i rummet. Ofta användas, exempelvis i sängkammare, tvenne afstängare konstruerade så, att man kan tända och släcka belysningen med hvilken som helst af dem. Den ena sättes då invid sängen och utgöres lämpligen af en s. k. *päron-afstängare* förenad med en böjlig dubbelledare (fig. 244), så att man äfven liggande kan bekvämt tända eller släcka sin lampa. Strömmens slutning eller brytning sker helt enkelt medelst tryckning på knappen. I längre korridorer användas jämväl med fördel tvenne kombinerade afstängare, en vid hvardera änden af korridoren.

Automatiskt verkande afstängare hafva med fördel börjat användas i synnerhet för trappuppgångar, så att man kan för en stund tända belysningen, då man kommer hem, sedan den redan blifvit släckt. De kunna för detta ändamål vara inrättade på olika sätt. Ibland är det så, att lamporna i nedre förstugan tändas med detsamma porten öppnas. När man sedan trampar på nedersta trappsteget, sättes en rörlig kontakt i verksamhet, hvilken släcker dessa lampor och tänder dem i förstugan en trappa upp och så hela vägen. Hos oss brukar man dock oftare att på lämplig plats, merendels hos portvakten, uppsätta en liten apparat (fig. 245), försedd med ett urverk och så inrättad, att då den hemkommande trycker på en strax inom porten befintlig knapp lamporna tändas i hela trappan och hållas lysande under så lång tid, som antagligen är behöflig för att gå ända upp, vanligen 5 minuter, hvarefter apparaten automatiskt släcker alla lamporna.

Om strömmen icke skall helt och hållet brytas utan ledas öfver från en väg till en annan, begagnar man en s. k. *omkastare*. Dess konstruktion liknar i hufvudsak en afstängares och kan till sin princip angifvas med få ord. Afstängaren i fig. 232 förses med två kontaktplattor i stället för en (fig. 246); kontaktarmen ställes på den ena eller andra kontaktplattan och leder då strömmen åt ena eller andra hållet. Ställes kontaktarmen midt emellan båda plattorna är strömmen afbruten. Kontaktplattornas antal kan naturligtvis lämpas efter behofvet att leda strömmen åt flera eller färre olika vägar.

Säkerhetsapparater. Ledningarna till olika delar af en elektrisk anläggning erhålla, såsom redan omtalats, sådana dimensioner, att dels å ena sidan förlusterna icke blifva för stora och dels å andra sidan upphettningen icke kan blifva för stark. Sistnämnda omständighet är i synnerhet af vikt vid inomhusledningar, till förekommande af eldfara genom den elektriska strömmen. En sådan skulle exempelvis kunna uppkomma, om det normala motståndet i strömbanan af någon anledning väsentligt minskades. Låtom oss antaga, att en ledning matar en glödlampa om 16 normalljus och 100 volts spänning. En sådan lampas motstånd är i rundt tal 200 ohm, och således måste ledningen till lampan vara tillräcklig för en strömstyrka af ungefär $^1/_2$ ampère (jfr sid. 11). Uppstår ett fel — en s. k. kortslutning —, så att framför lampan de båda trådarna komma i beröring med hvarandra och strömmen alltså icke längre passerar genom lampan utan omedelbart från den ena tråden till den andra, då har med ett slag motståndet i strömbanan minskats från 200 ohm till motståndet i själfva grenledningen, låtom oss säga 1 eller $^1/_2$ ohm. Följden däraf är att tråden genomlöpes af en 200—400 gånger större strömstyrka än den, för hvilken dess groflek beräknats, och den skulle därför å hela sin längd blifva glödande samt möjligen kunna föranleda antändning, därest icke åtgärder vidtagits för ledningens afbrytande, så snart strömstyrkan blir öfvermåttan hög. Sådana säkerhets-

inrättningar äro obetingadt nödvändiga, om en elektrisk anläggning skall erbjuda nödig trygghet mot eldfara.

Detta ändamål vinnes genom en lika enkel som sinnrik inrättning. I grenledningen insättes möjligast nära dess utgångspunkt ett stycke af en lättsmält metall, t. ex. en *blytråd*, hvilken är så afpassad, att den vid normal strömstyrka — i vårt ofvan framställda exempel alltså $^1/_2$ ampère — obehindradt släpper strömmen igenom men vid högt uppdrifven strömstyrka upphettas så, att den smälter och afbryter ledningen, innan koppartråden i den egentliga ledningen hunnit blifva för starkt uppvärmd. Insättes en ny blytråd, smälter denna genast af ända tills felet, d. v. s. kortslutningen, blifvit afhjälpt och strömbanan återfått sitt normala motstånd.

Fig. 247. Säkerhetsapparat af enklaste slag.

Fig. 248. Säkerhetsapparat med den lättsmälta metallen innesluten i ett glasrör.

I sin enklaste form (fig. 247) bestå *säkerhetsapparater* af metallklämmor, monterade på en bottenplatta af eldsäkert material. Ledningstrådarnas ändar förenas med hvar sin af dessa klämmor, hvaremellan blytråden eller blyremsan inlägges, sålunda bildande en lättsmält föreningsdel i ledningen. Det hela täckes med ett lock. Vid andra apparater af samma slag inneslutes säkerhetsmetallen i en kapsel eller ett glasrör (fig. 248), vid ändarna försedt med kontaktstycken och insatt i en hållare, som förenas med ledningens ändar.

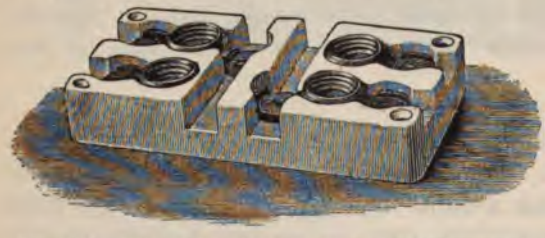


Fig. 249. Edison-afgreningsapparat med säkerhetsmetall.

Fig. 250. Säkerhetspropp utvändigt.

Fig. 251. Säkerhetspropp i genomskärning, visande kontaktstyckenas förening genom blytråden.

Uti Edisons säkerhetsapparater äro kontakterna af samma beskaffenhet som uti hans glödlamphållare. Fig. 249—251 visa en sådan säkerhetsapparat, tillika så inrättad, att afgreningar kunna utföras på ett ganska bekvämt sätt.

Apparaten består af en porslinsplatta med två parallela midtspår för hufvudledningarna, hvilkas blottade ändstycken genom klämskrufvar hållas tryckta mot metallplattor i spårens botten. Från dessa metallplattor utgå ledande metallremsor åt ömse sidor till de mutterformade hylsorna. I bottnen på dessa mutterhylsor finnes en isolerad kontaktskifva alldeles så som vid en Edisons glödlamphållare, och dessa kontaktskifvor stå hvar och en i ledande förbindelse med andra kontaktskifvor i de yttersta fördjupningarna, hvari grenledningarna inläggas fastklämda medelst bredhufvade skrufvar. I mutterhylsorna inskrufvas en gipsfylld kontaktpropp (fig. 250, 251), snarlik fattningen till en glödlampa. Proppens undre kontaktstycke och dess yttre metallgängning förenas genom en blytråd, som just utgör den smält-

bara säkerhetsmetallen. Strömmen från hufvudledningen måste tydligtvis gå genom blytråden för att komma till grenledningen, hvilken sålunda är skyddad. En väsentlig fördel med dessa säkerhetsapparater är, att man så lätt och bekvämt kan insätta och utbyta propparna, och därför äro de också mycket omtyckta.

I allmänhet insättes en dylik säkerhetstråd i en afgrenings *båda* ledningar, och säkerhetsapparater anbringas i *hvarje* grenledning, hvars dimensioner äro klenare än hufvudledningens. Skälet därtill är följande. Om en kortslutning ökar strömstyrkan i grenledningen, så kan det hända, att denna stigning är farlig endast för grenledningens klenare dimensioner, under det att den gröfre hufvudledningen mycket väl kan tåla vid den, utan att dess säkerhetsmetall behöfver smälta och afbryta ledningen. Men äfven om hufvudledningens säkerhetsapparat skulle kunna afpassas så, att den skyddade de klenare ledningarna och således faran för antändning vore aflägsnad, är det af ett annat skäl lämpligt att trygga grenledningarna genom egna säkerhetsapparater. När en säkerhetsapparats metall smälter, slockna nämligen alla lampor i tillhörande ledning, och det vore ju uppenbarligen ganska olägligt, att ett fel i en grenledning skulle medföra samma verkan jämväl å *hufvudledningens* alla lampor. Man förser därför hela ledningsnätet, ända från dynamomaskinen räknadt, med egna säkerhetsapparater i alla afgreningar. Fig. 252 visar schematiskt ett stycke af ett ledningsnät med säkerhetsapparater i afgreningarna. De fulldragna linierna utmärka själfva ledningarna och de punkterade säkerhetsmetallerna.

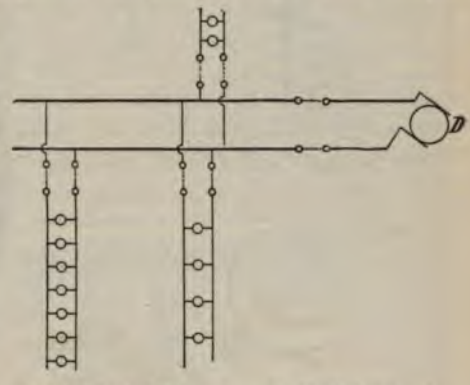


Fig. 252. Ledningsnät med säkerhetsapparater.

En omständighet af vikt är, att säkerhetsapparaterna uppsättas så, att de blifva lätt tillgängliga. Det är redan i och för sig rätt oangenämt att genom en säkerhetsmetalls smältning ett större eller mindre antal lampor slockna, och man vill då gärna så fort som möjligt åter bringa dem att lysa genom insättning af ny metall. Men ofta händer, i synnerhet om afbrott inträffat upprepade gånger i samma apparat och denna är svåråtkomlig, att man låter förleda sig till att insätta en gröfre metall än den rätta för att därigenom slippa besväret att sköta denna apparat. På senare tider har man i detta afseende börjat begagna en ganska praktisk anordning. Man centraliserar nämligen på ett och samma ställe, t. ex. i tamburen, alla säkerhetsapparaterna för en hel våning eller passande del däraf, hvarvid de lämpligen kunna innesluta i ett skåp, där då äfven bör finnas ett tillräckligt antal säkerhetsproppar i reserv. En dylik anordning kräfver visserligen något mera ledningsmateriel, än om säkerhetsapparaterna spridas öfver hela våningen, och blir därför något dyrare, men denna ökning i kostnad för en gång ersättes mer än tillräckligt genom den ökade bekvämligheten och tryggheten under anläggningens fortsatta begagnande.

I stället för säkerhetsapparater med lättsmält metall begagnas äfven, ehuru mera sällan, andra apparater, vid hvilka strömbrytningen sker rent mekaniskt. Man inkopplar för detta ändamål i ledningen en elektromagnet, som attraherar ett ankare. Vid normal strömstyrka är elektromagnetens kraft icke nog stor att draga

ned ankaret, men detta sker, så snart normalströmstyrkan öfverskrides, och då utlöses en mekanism, som afbryter ledningen.

Ampère- och voltmätare. Den, som sköter en elektrisk belysningsanläggning, maskinisten, måste när som helst lätt kunna kontrollera strömstyrka och spänning. Såsom vi af det föregående veta, måste i de allra flesta fall antingen spänningen eller strömstyrkan hållas konstant, och maskinisten behöfver därför allt emellanåt förvissa sig härom för att vid behof reglera maskineriet för normal gång. Härtill fordras instrument, af hvilka han utan omständliga observationer eller mätningar kan se ställningen för ögonblicket. Man har också flera olika instrument, som på en skala direkt angifva strömstyrkan eller spänningen. Då de vanligen förekommande *spänningsmätarna* eller *voltmätarna* i själfva verket icke äro annat än ett slags

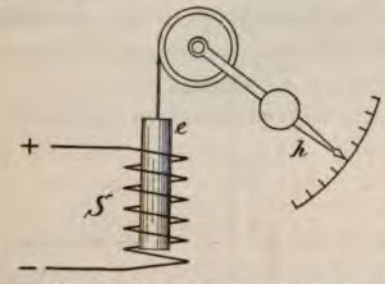


Fig. 253. Schema för en ampèremätare.

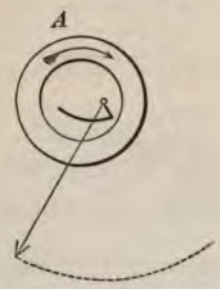


Fig. 254. Principen för den Hummelska ampèremätaren.

Fig. 255. Voltmätare enligt Hummels system.

strömmätare eller *ampèremätare*, skola vi närmast beskrifva en apparat af sistnämnda slag. En sådan af enklaste beskaffenhet kan erhållas genom att med en rörlig visare förena en järnkärna, instucken i en af strömmen genomlupen trådspole (fig. 253). En visararm h, belastad med en liten vikt, är fäst vid en axel, på hvilken äfven sitter en liten rulle med ett snöre. I snöret hänger järnkärnan e, som når in i trådspolen S. Så fort strömmen passerar genom spolens hvarf, drages kärnan in i spolen, i följd hvaraf visararmen h vrides uppåt. Men denna rörelse motverkas af vikten i mån af dess tyngd och visararmens ställning och växer därför, ju högre armen stiger, till dess jämvikt slutligen inträder mellan spolens och motviktens kraftverkningar. Då nu spolens attraktionskraft beror på strömstyrkan, så kommer armen tydligtvis att intaga olika ställningar för olika strömstyrkor, och om man förut genom jämförande mätningar med ett annat graderadt instrument fått reda på, hvilken strömstyrka som svarar mot visarens olika ställningar, och utmärkt detta på en där-

invid anbragt skala, så kan man sedan omvändt använda apparaten för att därmed afläsa strömstyrkan.

Detta enkla instrument är emellertid icke vidare noggrant, och dess justering förändras med tiden. Ett bättre instrument af detta slag, som erhållit mycket stor användning äfven i vårt land, har uppfunnits af öfveringeniören Hummel hos firman Schuckert & C:o och tillverkas af denna firma samt jämväl af flera svenska fabrikanter af elektriska apparater. I det inre af en elektrisk strömspole (fig. 254) befinner sig en liten böjd järnplatta, vridbar kring en axel, som ligger på sidan om spolens axel. När strömmen genomgår spolen, söker denna att vrida plattan in mot spolens inre vägg. Därvid höjes en liten med motvikt försedd häfarm, och nu inträder med hänseende till järnplattan samma hvarandra motverkande vridningsträfvanden som de nyss omnämnda, tills plattan slutligen vid ett visst läge kommer i jämvikt. Med plattan är förenad en lätt visare, hvilken rör sig utmed en skala, som graderas på nyss antydt sätt. Instrumentets utseende visas af fig. 255, som visserligen afbildar en voltmätare, konstruerad efter samma system; men enda skillnaden mellan dessa båda instrument består i spoltrådens olika groflek och hvarfantal.

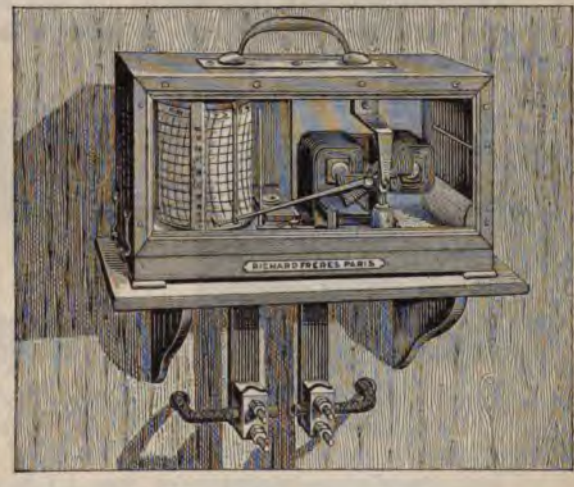


Fig. 256. Registrerande ampèremätare.

Ampèremätaren, som genomgås af hela den uppmätta strömmen, måste därför ha lindningar af grof tråd i ett fåtal hvarf, hvaremot voltmätaren, för att mäta spänningen, endast bör hafva en mycket fin tråd i ett stort antal hvarf, så att motståndet blir relativt stort. Förenas ändarna af voltmätarens fina tråd med tvenne punkter af en ledning, mellan hvilka en spänningsskillnad äger rum, så kommer tydligen en ström att gå genom apparatens lindningshvarf, hvilken enligt Ohmska lagen måste vara proportionell mot denna spänningsskillnad. Då visarens vridning motsvarar strömstyrkan i trådhvarfven, måste en viss spänningsskillnad mellan de båda punkterna också motsvaras af en bestämd ställning af visaren. På samma sätt som ampèremätaren justeras därför också voltmätaren genom jämförelse med ett redan graderadt instrument.

Vid åtskilliga tillfällen är det önskvärdt att lära känna strömstyrkans eller spänningens ändringar under en viss tid, men då det icke går för sig att oafbrutet observera instrumenten och uppteckna afläsningarna minut efter minut, så har man konstruerat instrument, hvilka fortlöpande registrera visarens ställning. Firman Richard Frères i Paris, som tillverkar registreringsapparater för flera olika ändamål, förfärdigar äfven sådana för nyssnämnda observationer. Fig. 256 visar en af denna firmas *registrerande ampèremätare*, hvars konstruktionsprincip omedelbart framgår af figuren. Ett ankare är förenadt med en visare, som föres mer eller mindre uppåt alltefter den strömstyrka, som passerar instrumentet. I visarens spets

sitter en liten med anilinbläck fylld penna, som på en papperscylinder markerar visarens ställning. Genom ett urverk kringvrides cylindern ett hvarf på 24 timmar. och visarens ställning kommer då att angifvas genom en kroklinie å pappersremsan, hvilken är indelad i rutor, så att visarens ställning vid olika tider kan tydligt aflåsas.

Åskledare. Vi komma nu till en anordning, som har till uppgift att så skyndsamt som möjligt bortskaffa en för elektriska ledningar ganska ovälkommen gäst. En friluftsledning erbjuder alltid åt luftelektriciteten en väg att komma ned till jorden. Den hänsynslöshet, hvarmed denna elektricitet då behandlar de fina apparaterna och understundom äfven telegrafisten eller maskinisten, gör dessa besök allt annat än välkomna, och skulle blixten själf träffa ledningen och följa den, så kan stor olycka ske på telegraf- eller telefonstationen, i maskinrummet eller hos abonnenterna. Det är därför ganska naturligt, att man söker genom lämpliga medel förhindra blixtens påhälsningar inomhus.

Till en början skola vi sysselsätta oss med åskledare för telegraf- och telefonledningar, hvilka äro de äldsta och på grund af dessa ledningars talrikhet också de allmännast förekommande.

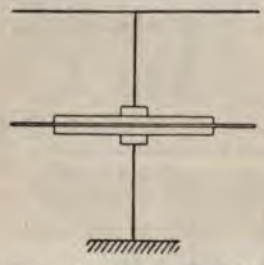


Fig. 257. Åskledare med isolerande mellanlägg af papper.

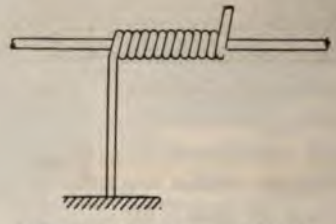


Fig. 258. Principen för en åskledare med isolerande omspinning.

Den atmosfäriska elektriciteten kan i följd af sin höga spänning med lätthet bana sig väg genom ett tunt isolerande luftskikt, hvilket däremot bildar ett oöfverstigligt hinder för telegraf- eller telefonströmmar. Därför har man vid sådana linier här och hvar en »jordledning», som på ett ställe är afbruten, så att ett tunt luftlager åtskiljer båda trådändarna, eller också insättes mellan dem en tunn isoleringsskifva, som luftelektriciteten lätt slår igenom i stället för att gå in i apparaterna eller eljest på den öfriga delen af linien ställa till hvarjehanda ofog. För att lätta luftelektricitetens öfvergång genom det isolerande mellanskiktet göras dess ytor tillräckligt stora och i form af spetsar eller kanter. En sådan åskledare af enklaste beskaffenhet erhålles (fig. 257), om i jordledningen insättas tvenne metallskifvor af lämplig storlek, åtskilda genom ett mellanlägg af paraffineradt pappersblad. Telegraf- eller telefonströmmarna kunna icke bana sig väg därigenom, men om luftelektriciteten nått en farlig spänning, slår den utan svårighet en gnista genom pappersbladet och har sedan god metallisk ledning till jorden.

På ett annat ganska enkelt sätt kan man vinna samma resultat, nämligen genom att vira jordledningen några hvarf kring linietråden (fig. 258) och lägga ett tunt isoleringsskikt dem emellan, hvilket senare lämpligast utgöres af en silkesomspinning kring linietråden å detta ställe. På detta sätt inrättade åskledare användas flerstädes

vid telefonanläggningar. Den utgöres vanligen af tre vinkelböjda mässingsstycken (fig. 259), fästa på en metallplatta och upptill genomborrade på sådant sätt, att en mässingsstång eller propp kan stickas genom dem alla tre. Denna propp (fig. 260) är tjockare på midten än mot ändarna, hvilka sluta med isolerade skifvor af samma diameter som den gröfre mellandelen. De smalare ändstyckena å ömse sidor äro lindade med silkesöfverspunnen tråd, och dessa lindningar förenas med hvarandra tvärs genom mellandelen samt med ändskifvorna, så att en ledande förbindelse erhålles hela vägen. Då proppen instickes i de trenne mässingsstyckena, komma dess ändskifvor i kontakt med de båda yttersta och den gröfre mellandelen med det mellersta af dessa stycken, hvilket senare står i förbindelse med jorden. Under vanliga förhållanden går strömmen genom den isolerade tråden från proppens ena ände till den andra; men inkommer högspänd atmosfärisk elektricitet, så genomslår den på något ställe isoleringen och skaffar sig väg genom proppens metallmassa till det mellersta metallstycket och därifrån till jorden. Om en propp på detta sätt gjort tjänst och fått sin isolering skadad, kan den lätt utbytas mot en annan, hvarefter allt är åter i ordning för normalt bruk.

Fig. 259. Åskledare med isolerande omspinning.

Fig. 260. Proppen till densamma.

Fig. 261. Åskledare med spetsar.

Man har äfven åskledare bestående af taggskifvor, och denna form är mycket vanlig, särskildt i Sverige, för både telegraf- och telefonledningar samt äfven för belysningsanläggningar. I sin enklaste form består den af två eller tre skifvor med de taggade kanterna vända mot hvarandra (fig. 261). Den ena af dem, eller den mellersta, om de äro tre, står i förbindelse med jorden, den eller de öfriga med själfva ledningarna. I stället för taggade skifvor kan man äfven begagna refflade sådana. Då åskledarna uppsättas utom stationerna å själfva linien, äro plattorna på ett eller annat sätt täckta och skyddade. En dylik linieåskledare består då t. ex. af en isoleringshatt af ebonit, upptill försedd med de båda vanligen refflade plattorna och med ett lämpligt lock. Den ena plattan står i förbindelse med linietråden, den andra med jordledningen. Den atmosfäriska elektriciteten kan alltså öfvergå mellan plattornas refflor och afledas till jorden.

För starkströmanläggningar passa de nu beskrifna åskledarna mindre bra. Om en sådan åskledare vore insatt i ledningen från dynamons ena pol och maskinen är försedd med jordledning, så att dess andra pol vid isolationsfel kan komma i ledande förbindelse med jorden, hvilket ju alltid kan inträffa, så händer mycket lätt, om en gnista atmosfärisk elektricitet springer öfver, att därigenom bildas en fortfarande ljusläga, hvilken snart fullständigt förstör åskledaren och äfven kan åstadkomma antändning.

Vid åskledare för sådana anläggningar måste man därför söka hindra ljuslågans bildande eller genast släcka densamma, om den uppstått. För detta ändamål inrättas apparaten så, att de båda åskledarplattorna genast ryckas i sär, så snart en ljusbåge uppkommit, och detta verkställes af ljusbågens egen ström, som kommer en elektromagnet att attrahera sitt ankare och utlösa den spärrinrättning, hvarigenom den ena plattan kvarhålles på sin plats. Denna faller då ned och afbryter ljusbågen. En åskledare, grundad på denna enkla och praktiska princip, visas i fig. 262. Ledningen står i förbindelse med den öfre taggskifvan, hvilken är fast, hvaremot den undre är vridbar kring en axel men hålles i upprätt läge medelst en liten hake på elektromagnetens ankare. Om nu en gnista slår öfver, fortsätter elektriciteten från den undre plattan till ankaret och vidare genom elektromagneten till jorden. Uppkommer ljusbåge och således fortvarande ström, så sättes elektromagneten i verksamhet, attraherar ankaret och frigör den undre plattan, som nedfaller och afsliter ljusbågen.

Fig. 262.
Åskledare för starkströmanläggningar.

Professor Thomson i Amerika har konstruerat en åskledare, vid hvilken ljusbåge icke lär kunna uppkomma. Den består af ett antal metallskifvor, lagda på hvarandra med isolerande mellanlägg och af hvilka den öfversta förenas

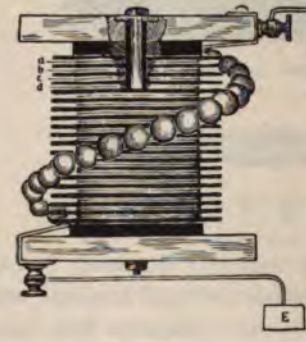


Fig. 263.

Fig. 264.
Thomsons åskledare.

med ledningen, den understa med jorden. Hvarje skifva har en liten framspringande arm, försedd med en liten metallkula, och dessa armar äro så ställda, att kulorna med helt små mellanrum bilda en spiralformig bana (fig. 263, 264). Gnistan hoppar lätt öfver de små afstånden, men någon ljusbåge lär icke uppkomma i följd af de talrika små afbrotten. Man kan således genom denna anordning utan några rörliga delar bortleda den atmosfäriska elektriciteten.

Val af lampor och dessas fördelning. Ljusbehofvet kan vara ganska olika inom en belysningsanläggning, och det fordras en ej ringa erfarenhet för att på ett godt och lämpligt sätt planlägga lampornas fördelning och riktigt tillgodose alla önskningar eller behof. Först måste afgöras, hvilket slags lampor som böra användas i de olika lokalerna. Är det fråga om belysning af stora ytor, gifves företrädet åt båglamporna, så framt de icke komma att hänga för lågt och blifva bländande och skadliga för ögonen. Öppna platser, stora hallar och salar och andra dylika

lokaler upplysas därför vanligen medelst båglampor. Mindre lokaler belysas däremot lämpligast medelst glödlampor, i synnerhet när man önskar koncentrera belysningen till vissa begränsade ställen. Vid många tillfällen kan så väl den ena som andra belysningsarten begagnas ungefär lika bra, och då blir det ofta smaken eller kostnaden som afgör valet. De på senare tider konstruerade mindre ljusstarka båglamporna, ned till 200 normalljus, ha föranledt bågljusets användande till ej ringa utsträckning äfven där denna belysningsart förut varit så godt som uteslängd, t. ex. i mindre salar, butiker o. s. v. Huru som helst, så blir det vid uppgörandet af förslag till en elektrisk belysningsanläggning alltid af största vikt, att ägaren rådför sig med någon erfaren elektrotekniker.

Nästa fråga är, om endast båglampor skola begagnas eller både båglampor och glödlampor tillsammans. I förra fallet kunna båglamporna ordnas i serie, men i det senare är man tvungen att inkoppla dem parallelt med glödlamporna, så vidt man icke vill bestå en särskild maskin för båglamporna. Båglamporna hafva tämligen oföränderligt samma spänning, som vi, ledningsförlusterna medräknade, kunna i rundt tal antaga till 50 volt. Om båglampor skola användas tillsammans med glödlampor, måste dessa senare äfven hafva denna spänning, eller ock måste man, vid begagnande af glödlampor för 100 volt, anordna två båglampor i serie och inkoppla dem parallelt med glödlamporna, hvilket också är det vanligaste. Detta medför emellertid den olägenheten, att de båda båglamporna i serien alltid måste brinna på en gång, så vida man icke vill i stället för den ena af dem insätta motsvarande motstånd, hvilket emellertid tydligtvis kommer att förbruka precis lika mycken drifkraft som lampan, om den brunne. Genom att släcka den ena lampan sparar man alltså endast kostnaden för dess kolspetsar.

Vid parallelkoppling af båglampor måste man i parallelledningen insätta ett *utjämnings-* eller *båglampmotstånd*. Utan ett sådant skulle lamporna, om kolspetsarna berörde hvarandra, i följd af det minskade motståndet taga en alltför stor kvantitet ström, så att antingen säkerhetsapparaterna smälte eller andra lampor blefve lidande och dessas ljusstyrka minskad. Denna inverkan blir i synnerhet märkbar, om blott en båglampa är insatt i parallelkoppling med glödlampor af motsvarande spänning. I denna händelse kan man därför icke bestämma spänningen i nätet till 40—45 volt, som en båglampa kräfver, utan bör taga den 20—25 volt högre, alltså begagna glödlampor för 60—65 volt och utjämna öfverskottet för båglampan genom att insätta ett motstånd, som borttager dessa 20—25 volt. Hvad detta motstånd förbrukar af drifkraften går naturligtvis förloradt utan annan nytta än att båglampan därigenom brinner lugnt, ty den värmemängd, som alstras genom motståndets upphettning, är för ringa att kunna användas för annat ändamål men å andra sidan tillräckligt stor att kräfva iakttagandet af särskilda försiktighetsmått mot skadlig eller till och med farlig upphettning af närbelägna föremål.

Om det behöfliga tilläggsmotståndet icke är förlagdt i själfva ledningstråden (jfr sid. 111), begagnar man vanligen trådspiraler af nysilfver eller nickelintråd, som åstadkomma ett jämförelsevis stort motstånd i förhållande till lika grofva trådar af andra metaller. Tråden lindas i spiral för att erhålla stor längd inom möjligast litet rum. Någon gång förlägges motståndet inom själfva lampan, men vanligare anbringas det skildt därifrån på en vägg inom ett eldsäkert omhölje. För att kunna afpassas efter båglampans behof är motståndet inrättadt så, att man däraf kan använda större eller mindre trådlängd. Fig. 265 visar en form af ett dylikt regler-

bart båglampmotstånd. En i vårt land allmännare bruklig konstruktion af dylika motstånd visas af fig. 266. Vid detsamma äro raka spiraler fästa uti en ram af gjutjärn och omslutna af en kapsel af perforerad plåt. Motståndet i fig. 267, 268 utgöres däremot af en porslinscylinder, på hvilken motståndstråden är upplindad. Strömmen in- och utledes från klämringar, hvilka kunna fästas på olika afstånd, hvarigenom motståndet kan regleras efter behofvet.

Fig. 265. Båglampmotstånd.

Fig. 266.

Såsom nyss nämndes, uppkommer i båglampmotstånden en viss värmeutveckling, som kräfver särskild försiktighet. Tariffföreningens föreskrifter innehålla i detta hänseende, att de strömledande delarna i dylika apparater skola hafva sådana dimensioner, att öfverdrifven uppvärmning vid normal strömstyrka icke kan äga rum, och vara monterade på obrännbart material samt, om de icke, såsom exempelvis i maskinrummen, äro under ständig tillsyn, vara omgifna af en eldsäker skyddskåpa, som hindrar omgifvande föremål att komma i beröring med själfva motståndstråden. Anordningen skall också vara sådan, att apparaterna kunna väl ventileras, hvadan skyddskåporna äro perforerade.

Fig. 267. Båglampmotstånd. Yttre utseende.

Fig. 268. Inre utseende.

Enligt ett tyskt förslag skulle man ersätta dessa motstånd genom några glödlampor af ringa spänning och sålunda alltid kunna erhålla något ljus i stället för den gagnlösa värmeeffekten.

Valet och fördelningen af lamporna betingas i första rummet af *ljusbehofvet*. Ej sällan blir förhållandet, att husägaren uttrycker sina önskningar på följande sätt: »Här har jag hittills behöft så och så många gaslågor, sätt in ett motsvarande antal elektriska lampor.» Så låter det vid det första aftalet. Men vanligtvis dröjer det icke länge, förrän man tycker sig behöfva starkare belysning, och då menar samma myndighet: »Om vi nu en gång skola införa elektrisk belysning, så är det så godt att också uppsätta en lampa här och en där och kanske också att här eller där taga något ljusstarkare lampor» o. s. v. Och så har man snart kommit långt förbi den gamla belysningen. Det är därför försiktigast att redan från början bereda sig på en stegring af ljusbehofvet äfvensom på att kostnaden för den nya väsentligt ökade belysningen icke kan blifva densamma som för den svagare äldre. I synnerhet växer ljusbehofvet utomordentligt,

när det icke endast blir fråga om vanlig hvardagsbelysning utan om bländande festbelysning, hvartill det elektriska ljuset i hög grad lämpar sig. År efter år tilltager de elektriska belysningsanläggningarnas ljusstyrka, och det är icke svårt att förstå, hvarför anläggningar, som utfördes för ett tiotal år sedan och då ansågos vara beundransvärda, nu för tiden nästan förefalla dystra.

Slutligen hafva vi att tillägga några ord om skillnaden mellan bågljusets och glödljusets egenskaper, hvilken naturligtvis äfven måste tagas i betraktande vid frågan om valet dem emellan. Bågljuset är rent och klart men kallt; det ger åt föremålen ett mera hårdt och kärft utseende, beroende både på dess färg och dess skarpt begränsade skuggor. Glödljuset är mera varmt och mjukt, i dess sken blifva föremålens konturer mindre skarpa, men åtskilliga färger förändras på ett ofördelaktigt sätt. Ett rum, hvars färger i dagsljuset passa väl tillsamman, förlorar ej sällan i glödljusbelysning denna sin harmoni. Det är också bekant, att skådespelare måste ändra sminkning och kostymering, om gasbelysningen på en teater omändras till elektrisk. Glödljuset har nämligen en jämförelsevis större mängd röda och gula ljusstrålar än gas- (och ännu mer än båg-) ljuset, och man kan ganska lätt iakttaga den däraf betingade olika färgen genom dessa båda lysen, om man låter en gaslåga brinna bredvid en glödlampa.

Om alltså de belysta föremålens färger komma med i räkningen, måste man taga hänsyn till dessa olikheter. I boningsrum gifves företrädet åt glödljuset, hvars varma, angenäma ton också bäst motsvarar sådana rums lugna och hemtrefliga stämning. I butiker o. s. v. passar bågljuset bättre i ett fall, glödljuset i ett annat, allt eftersom man önskar att de belysta föremålens blåa och gröna eller röda och gula färger böra företrädesvis framträda, eller man eftersträfvar skarpa eller mjuka konturer.

Den bästa verkan, som kan åstadkommas med elektriskt ljus, erhålles genom en *blandning* af bågljus och glödljus i ungefär lika proportioner. Man får då ett ljus af eljest icke möjlig renhet, värme och glans. Man behöfver blott skåda målningar eller andra föremål successivt i bågljus, glödljus och blandad belysning för att finna riktigheten häraf på det mest i ögonen fallande sätt bekräftad.

Montering. När den föreslagna belysningsanläggningens beskaffenhet blifvit åtminstone till sina hufvudsakliga detaljer bestämd och alla tillbehör anskaffade, då vidtager *montörens arbete:* maskineriets uppställande med därtill hörande apparater, ledningarnas anordnande och lampornas uppsättande på sina platser. Han erhåller för detta ändamål en planritning öfver anläggningen, utvisande ledningarnas lägen, deras dimensioner, platserna för lampor, afstängare, säkerhetsapparater m. m. Med en sådan planritning är det dock icke möjligt att på förhand bestämma alla enskildheter, utan montören måste ofta efter bästa förstånd handla efter omständigheterna. I svårare fall och vid större anläggningar måste äfven ingeniören rådfrågas, och det tillkommer alltid honom att öfvervaka utförandet, men öfver hufvud måste dock en god montör vara så skolad, att man kan åt honom öfverlämna att självständigt utföra en belysningsanläggning af vanlig beskaffenhet och omfattning. Huruvida han därvid skall begynna med ledningsnätets utförande eller med maskineriets uppställande, det beror på omständigheterna. Här tänka vi oss, att han börjar med ledningsnätet.

Därvid förekommer således att uppsätta isolatorerna eller trälisterna, hvilketdera som är afsedt att användas, att genomslå väggarna och förse hålen med isolationsrör, att uppsätta och fästa själfva ledningarna, att verkställa afgreningar och

anbringa säkerhetsapparaterna. Han börjar måhända med själfva hufvudledningarna, öfvergår sedan till de första grenledningarna, från dem till mindre grofva afgreningar o. s. v., tills han slutligen kommer till de finaste ledningarna för själfva lamporna. Denna ordningsföljd är dock icke oundgängligen nödvändig, men af flera skäl blir den dock i de flesta fall den lämpligaste och riktigaste.

För att allt emellanåt kunna öfvertyga sig, att en uppsatt ledning är i riktigt skick, undersöker montören, om den är väl isolerad eller om kortslutning eller afledning förekommer. För att lätt och bekvämt göra en sådan undersökning användas olika anordnade instrument; ett sådant visas i fig. 269, bestående af en magnetinduktor, i hvars strömkrets en signalklocka är inkopplad. Vill montören med detta instrument på ett stycke af ledningsnätet undersöka, huruvida strömmen där går fram utan otillåtna afbrott, så förenar han de båda ledningarnas ena ändar med sin apparat och de båda andra inbördes. Ringer signalklockan vid apparatens igångsättande, då släpper ledningen fram strömmen. Härpå åtskiljas ledningstrådarnas nyss förenade ändar och induktorn

Fig. 269. Magnetinduktor med signalklocka för undersökning af ledningar.

Fig. 270. Instrument för isolationsmätningar.

kringvrides. Ledningen är nu afbruten och klockan bör då icke ringa. Men ringer den icke desto mindre, då finnes någonstädes en kortslutning, och de uppsatta ledningarna måste nu närmare undersökas. Sedan felet funnits och blifvit rättadt, pröfvar montören å nyo med apparaten, finner då att klockan är tyst och att alltså ingen ström går öfver från den ena ledningen till den andra, d. v. s. att kortslutning icke äger rum. Men afledning till jorden kan likväl förekomma, utan att klockan därför behöft ringa. För att förvissa sig, huru därmed förhåller sig, undersöker montören hvardera ledningen för sig genom att förena instrumentet med vattenledningen, som utgör den enklaste och bästa jordledningen. Finnes då på den med instrumentet förenade ledningstråden också en väg till jorden, så ringer klockan. Hvarom icke så är afledning icke heller här till finnandes.

För noggrannare undersökningar, och då verklig uppmätning af isolationsmotståndet skall företagas, äro dylika apparater icke tillräckliga, utan då användas andra

instrument vanligen försedda med galvanometer och reostat, kombinerade med klämskrufvar och tangent för att bekvämt kunna inkoppla batteriet och de ledningar, som skola undersökas. Fig. 270 visar ett sådant mätningsinstrument, tillverkadt hos L. M. Ericsson & C:o i Stockholm.

På detta sätt fortgår montörens arbete, tills hela ledningsnätet med alla utgreningar är uppsatt, alla belysningsdelarna, eller, såsom man också brukar benämna dem, »belysningsarmaturen», anbragta på sina platser, ledningarna indragna i dem och förenade med lamphållarna. Sedan allt detta är klart, verkställes en slutlig isolationsundersökning af alltsammans, och möjligen upptäckta fel afhjälpas.

Nu kommer turen till maskineriet. Grunden är färdigmurad och spännlinjalerna vederbörligen fästa med sina ankarbultar. Dynamomaskinen packas upp och ställes på spännlinjalerna, remmarna iordningställas och påläggas. Instrumenttaflan, som vanligen kommer till hufvudsaklig del färdig från fabriken, anbringas på sin plats, och ledningar och dynamomaskin inkopplas till densamma. Montören kan nu sätta anläggningen i verksamhet. Till en början låter han maskinen gå utan belastning för att förvissa sig om att alla lager m. m. befinna sig i riktigt skick. Under tiden anställer han en sista granskning af ledningsnätet och tillser, att alla lampor och säkerhetsapparater m. m. äro i ordning. Slutligen, då allt är klart, kopplas dynamomaskinen till ledningsnätet, och hela anläggningen strålar i det nya ljuset. För montören återstår att instruera maskinisten och under några dagar se till, hur det hela arbetar. Därmed är hans värf afslutadt.

I verkligheten är montörens arbete emellertid icke så enkelt, som det kan tyckas af det nyss sagda. Äfven om hans förrättningar i allmänhet icke äro så ovanliga, sätta dock många enskildheter hans duglighet rätt mycket på prof. Han måste i sig sammanfatta ett flertal af handtverkare. För att slå hål i väggar och dylikt måste han vara en smula murare, för att uppsätta och anordna trälister får han lof att kunna snickra litet grand, och han behöfver kunna fila, borra och löda metall, och vid många tillfällen får han icke vara ängslig att arbeta och klättra på tak såsom en plåtslagare; härtill kommer slutligen, att han måste äga någon kännedom om elektroteknikens lagar samt förstå sig på att tillämpa dem. Vid ledningars och apparaters anordnande bör han ock utveckla ett visst omdöme, så att de förläggas på lämpligaste platser och att det hela blir så praktiskt och bekvämt inrättadt som möjligt. En duglig montör är af stort värde för arbetsgifvaren, och det är icke att undra på, om arbetare af detta slag understundom aflönas högre än mången ingeniör.

Ett godt arbete fordrar goda verktyg och redskap. En elektrisk anläggning får på inga villkor vara ett godtköpsarbete utan fordrar oeftergifligen stor omsorg och noggrannhet i utförandet, ty endast därigenom kan man här mer än i andra fall trygga sig mot fel och skador. Man har ock småningom utvecklat särskilda arbetsmetoder och konstruerat speciella verktyg, afpassade efter den elektriske montörens behof.

De elektriska ledningarnas handterande fordrar i första rummet särskilda redskap. Vid många tillfällen behöfver man en tillställning för trådens riktiga aflindande från rullen eller ringen, utan att den blir snodd eller skadad. Lägges trådringen lös utan vidare och tråden utdrages (fig. 271), så uppkomma öglor och den »snor sig» samt trasslar lätt ihop sig på ett mycket förargligt sätt. Den måste aflindas åt rätt håll, och detta sker bekvämast, om ringen upprätdes antingen på en

trärulle (fig. 272) eller på en vinda med vertikal axel (fig. 273) eller annan dylik anordning, beroende på trådens groflek och ringens storlek.

För trådens afklippande begagnar montören vanligen en större plattång, s. k. »linietång», på sidan försedd med eggar för att kunna göra skåror i tråden (fig. 274).

För att borttaga isoleringskädseln och blotta själfva ledningstråden använder montören sin knif. Skarfvar och afgreningar hoplödas. Enkel tråd skarfvas enligt fig. 144, kablar med ett större eller mindre antal finare trådar hopsplitsas, så att de båda kabeländarna skjutas in i hvarandra och tråden lindas den ena om den andra (fig. 275). På enahanda sätt utföras afgreningar. Vid lödningen får icke syra användas, utan kolofonium, stearin eller annat syrefritt lödmedel. Skarfven omviras sedan omsorgsfullt med gummiband, så att den borttagna isoleringen blir återställd så väl som möjligt.

Fig. 271. Oriktig aflindning af en trådring.

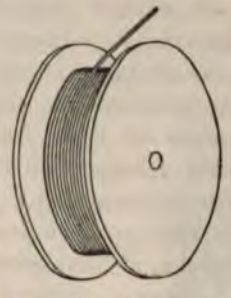


Fig. 272. Trärulle för aflindning af en trådring.

De viktigaste verktyg och den mest behöfliga materiel, såsom lödmedel, isolerband, bindtråd o. s. v., medföras af montören i ett särskildt skrin eller s. k. montörlåda. För en del arbeten på mera svårtillgängliga ställen, dit lådan icke kan medtagas, har montören ofta ett verktygsbälte med fickor för verktyg och öfriga arbetstillbehör. För uppklättring å liniestolpar begagnas s. k. klätterskor eller stolpskor (fig. 276), hvilkas skarpa saxkäftar huggas in i trät och bilda stadigt fäste för foten.

Fig. 273. Transportabel vinda för ledningstråd.

Skötsel. Belysningsanläggningars skötande fordrar ett visst mått af elektrotekniska kunskaper, som dock vid mindre anläggningar ofta måste af maskinisten förvärfvas genom praktiken i tjänsten, och detta går nog också för sig, om han har något intresse för saken, plikttrohet och godt omdöme. Han lär sig då snart hvad den elektriska tjänstgöringen i allmänhet fordrar, men man kan naturligtvis icke begära, att han skall kunna reda sig i alla möjliga fall.

Själfva motorafdelningen fordrar ingen annan skötsel än andra sådana anläggningar. Det för en elektrisk belysningsanläggning egendomliga börjar först med dynamomaskinerna, och där är rätt mycket att iakttaga. Lagren måste smörjas väl, liksom andra lager, och tid efter annan bör maskinisten känna efter, om de äro för heta, och i sådant fall icke spara på oljan samt, då maskinen står stilla, noggrannare

undersöka deras beskaffenhet och sörja för att de åter komma i godt skick. Likaså bör han emellanåt känna efter, om magnetlindningarna äro mycket varma, emedan en för stark upphettning af dem tyder på något fel. Kollektorn och borstarna kräfva särskild omsorg och ständig uppmärksamhet. Koppartrådarna, hvaraf borstarna vanligen bestå, få icke vara utspärrade från hvarandra, utan borsten bör bibehålla sin jämna och täta form. Dess släpyta måste alltid vara slät och blank, ty om enstaka metalltrådar här och hvar sticka fram, så icke allenast hindra de en god kontakt med kollektorn, utan de åstadkomma också repor i densamma. Af största vikt är ock, att borstarna ligga rätt i förhållande till kollektorn, ty därpå beror, såsom vi redan förut ha framhållit, i väsentlig mån, att gnistbildning förekommes eller åtminstone reduceras till det minsta möjliga. Skulle en stark gnistbildning icke kunna häfvas genom borstarnas omställning, så är detta ett tecken till något fel i anläggningen, förutsatt att dynamomaskinen är riktigt konstruerad och afpassad efter behofvet. Kollektorn måste alltid hållas jämn och blank. Skulle den genom nötningen småningom blifva orund eller ojämn, måste den omslipas eller svarfvas. Genom borstarnas släpande mot kollektorn uppkommer ett fint koppardam, som gärna lägger sig äfven på induktorns lindningar och

Fig. 274. Linietång för montörer.

Fig. 275. Kabelskarf.

Fig. 276. Stolpskor.

ibland kan gifva anledning till isolationsfel. Det bör därför emellanåt bortskaffas med en blåsbälg.

En stund innan lamporna skola tändas bör maskinisten efterse, att alla lager äro ordentligt smorda, att drifremmarna äro riktigt spända och att kollektorborstarna äro klara. Därefter kan motorn sättas i gång. Dynamomaskinen får till en början löpa tom, d. v. s. utan att ledningsnätet är tillslaget, tills den rätta hastigheten ungefär uppnåtts. Då inkopplas ledningsnätet, och med det i shuntlindningen insatta motståndet regleras spänningen till bestämd höjd. Lamporna lysa till en början med ett mer eller mindre dunkelrödt sken men tilltaga snart i glans, i mån som nämnda motstånd minskas och spänningen i följd däraf ökas. Under observation af voltmätaren måste maskinisten sedan under hela arbetstiden noga sörja för att det bestämda volttalet oförändradt bibehålles och med regleringsreostaten utjämna de växlingar, som möjligen uppkomma, om ett flertal lampor tändas eller släckas på en gång. Han bör vara väl förtrogen med ledningsnätet och noga känna till alla säkerhetsapparaters plats och hvilka lampor som äro kopplade till hvar och en

af dem, så att han så fort som möjligt kan afhjälpa uppkommande mindre fel och ersätta säkerhetsmetall, som möjligen smält. Under dagen omses båglamporna, där sådana finnas, och förses med nya kol. Endast vid helt små anläggningar kan maskinisten reda sig ensam med alla sina bestyr; vid mera omfattande anläggningar måste han till sin hjälp hafva eldare samt måhända äfven en särskild handräckningskarl, om utomhusgöromålen äro många, ty själf bör maskinisten icke gärna behöfva lämna sitt maskineri. Vid de stora elektricitetsverken är arbetet gifvetvis fördeladt på ännu flera händer.

B. Allmänna elektricitetsverk.

Sedan det elektriska ljuset erhållit praktisk användbarhet, dröjde det icke länge, innan företag uppstodo med ändamål att åt konsumenter tillhandahålla detta nya lyse på så sätt, att strömmen alstrades i en större, gemensam anläggning och därifrån fördelades till afnämarnes skilda lokaler, hvarigenom dessa befriades från kostnaden och besväret med anskaffande och skötsel af egna anläggningar. Dessa centralstationer bidrogo gifvetvis att bereda den elektriska belysningen långt snabbare och vidsträcktare spridning, än om hvar och en varit hänvisad till att själf alstra den behöfliga strömmen. Redan under den tid, då endast bågljuset var kändt, anlades i Amerika centralanstalter för bågljusbelysning, och när uppfinningen af glödljuset och införandet af parallelkopplingen möjliggjort en nästan obegränsad delning af det elektriska ljuset, uppkommo inom kort i alla länder centralanläggningar för elektrisk belysning. Den äldsta bland dessa torde vara Edisonbolagets elektricitetsverk i New-York.

Till sin hufvudsakliga anordning äro sådana centralbelysningsanläggningar — vi kalla dem härefter korteligen *elektricitetsverk* — öfverensstämmande med de mindre anläggningar, som vi redan beskrifvit. Bådadera måste hafva motorer och generatorer för strömalstringen, ledningsnät och däruti insatta lampor med tillbehör. Men vid de stora elektricitetsverken blifva dessa hufvudpartier af anläggningen betydligt mera invecklade, emedan driften måste genom talrika hjälpanordningar tryggas på ett vida fullständigare sätt än vid en mindre anläggning. Jämte säkerheten spelar också anläggningskostnaden en viktig roll, och driften måste göras så billig som möjligt, då ett stort elektricitetsverk är ett affärsföretag och såsom sådant i många hänseenden måste tillfredsställa andra fordringar än dem, hvilka ställas på en belysningsanläggning för eget bruk. Den ekonomiska frågan är vid elektricitetsverken af så stor betydelse, att den i främsta rummet inverkar bestämmande på deras tekniska anordning.

Ledningssystemet. Åtminstone en tredjedel af anläggningskostnaden brukar komma på de grofva, många och långa ledningarna från centralanstalten till förbrukarne. Detta är emellertid icke den enda orsaken till ledningsnätets stora ekonomiska betydelse; det finnes ännu en annan. Ledningar för lågspänningsström kunna icke utsträckas efter behag, de kunna icke fördela strömmen från en station öfver ett område huru stort som helst, ty de oundvikliga elektriska förlusterna växa med afståndet. Antingen blifva dessa alltför betydliga, eller ock skulle man till minskande af förlusterna nödgas öka ledningarnas dimensioner, och då blifva kostnaderna så dryga,

att anläggningen icke längre kan lämna någon behållning. Man är därför tvungen att hålla det med lågspänningsström matade området inom en viss gräns; skall belysningen utsträckas därutöfver, måste man anlägga flera belysningsstationer. Att utvidga området för en elektrisk belysningsanläggning kan därför icke alltid ske helt enkelt genom att uppställa några flera maskiner uti det befintliga elektricitetsverket och förlänga ledningarna fram till de nya platserna; det kan i vissa fall fordra byggandet af ett nytt elektricitetsverk.

Men förlusterna i ledningarna kunna oskadliggöras ej endast genom att öka dessas genomskärningsyta utan äfven genom att höja den använda spänningen. Ty förlusterna bestämmas, såsom redan i det föregående omtalats, af ledningsmotståndet och strömstyrkan, men den transporterade energien däremot af strömstyrkan och spänningen. Vill man genom ökning af strömstyrkan fortskaffa en större energimängd, så måste man antingen finna sig i de ökade förlusterna eller ock minska motståndet.

Att för sistnämnda ändamål förkorta ledningarna måste emellertid anses som en praktisk omöjlighet, ty en ökning af energibehofvet brukar just icke vara förenlig med en minskning utan tvärt om just vara betingad af en utsträckning af ledningarna, alltså en höjning af motståndet. Det återstår då i själfva verket endast att öka genomskärningsytan. Ett fortgående på denna väg fördyrar dock ledningsnätet så väsentligt, att den ökade strömförbrukningen snart icke längre medför någon behållning. Man måste då se sig om efter andra utvägar att tillgodose den utsträckta förbrukningen; en sådan är att höja spänningen. Därvid kan strömstyrkan i ledningarna bibehållas oförändrad och förlusterna således blifva desamma som förut. Här hafva vi alltså ett, såsom det synes, ganska tillfredsställande och enkelt medel att efter godtfinnande utsträcka ledningsnätet. Men äfven på denna väg kan man ty värr icke gå utöfver en viss gräns, betingad af nödvändigheten att icke öka spänningen så mycket, att den blir farlig. När detta inträffar, beror på många omständigheter och är svårt att bestämma. Våra elektrotekniker bruka sätta farlighetsgränsen till ungefär 500 volt för likriktad ström och 200 volt för växelström. Området är således icke synnerligen vidsträckt, och i själfva verket är friheten att därinom röra sig af andra skäl ännu mera begränsad. Glödlampor för högre spänning än 120 volt, eller högst 150 volt, hafva hittills föga begagnats. Öfver denna spänning kan man icke gå utan att på samma gång uppgifva den rationella parallelkopplingen och i stället koppla två eller flera lampor efter hvarandra. Detta vore emellertid olämpligt och kan icke genomföras. Elektricitetsverken, som i främsta rummet äro afsedda för glödlampbelysning, måste därför i fråga om strömspänningen i ledningarna hålla sig vid den lägre gränsen. Men elektroteknikern ger sig icke så lätt. Han vet nogsamt, att om konsumenterna vilja hafva en ström af 100—105—110 volts spänning, så är det likväl ingenting som hindrar elektricitetsverket att i sina hufvudledningar, för hvilka kostnaden drabbar verket, föra en högre spänning än i konsumentens egna inomhusledningar, hvilka hafva en jämförelsevis mycket mindre utsträckning och för hvilka kostnaden därför spelar en vida mindre betydande roll. Strömmen föres följaktligen med hög spänning fram till förbrukningsplatsen men omvandlas där till lågspänd, innan den öfverlämnas åt konsumenten.

Redan i kapitlet om transformatorer är omtaladt, huru man vid användande af växelström kan på samma gång sänka spänningen och öka strömstyrkan, äfvensom att detsamma kan verkställas inom likströmssystemet, hvilket för närvarande i öfvervägande grad användes för glödlampbelysning. Här afse vi emellertid icke de å sid.

90 omnämnda likströmstransformatorer utan skola i korthet redogöra för ett annat sätt att transformera likström, nämligen med användande af *ackumulatorer*.

Om flera ackumulatorbatterier, af hvilka hvart och ett fordrar en laddningsspänning af exempelvis 160 volt, kopplas efter hvarandra, så kräfver laddningen af det sålunda sammansatta batteriet icke större strömstyrka än laddningen af hvarje särskildt batteri; men spänningen måste däremot ökas, så att, om batterierna vore exempelvis tio, därtill skulle behöfvas omkring 1600 volt. I fall dessa batterier efter verkställd laddning kopplas parallelt, lämna de en ström om 120 volt, d. v. s. en för vanlig glödlampbelysning passande spänning, men däremot är i dem magasinerad en tio gånger så stor strömstyrka i förhållande till den, som kan lämnas af ett ensamt batteri. Om batterierna laddats i parallelkoppling, skulle visserligen 160 volts laddningsspänning varit tillräcklig, men däremot erfordrats en tio gånger större strömstyrka. Genom att förändra kopplingen vid laddningen och urladdningen vinnes följaktligen, att batterierna kunna laddas med högspänd ström och mindre strömstyrka men urladdas med lågspänd ström och större strömstyrka. Detta tillvägagående är onekligen mycket tilltalande. Man behöfver endast på lämpliga ställen i en stad på detta sätt fördela ackumulatorbatterier, som under dagen laddas med högspänd ström från ett enda verk, hvilket mycket väl kan vara förlagdt utom staden, där tomterna äro billiga och platsen kan väljas bekvämt nära intill järnväg och vatten. Laddningen kan också ske genom jämförelsevis klena ledningar. Man kan alltså ej utan skäl påstå, att detta system erbjuder många beaktansvärda fördelar. Men det är äfven behäftadt med en betänklig brist, och denna härrör just af ackumulatorerna. Först och främst går i dessa apparater en icke obetydlig del af strömenergien, nämligen ända till en fjärdedel, förlorad. Därtill kommer kostnaden för anskaffning, uppställning och underhåll af de stora batterier, som erfordras för en något så när betydande ackumulatorbelysning, samt den icke så litet vanskliga skötseln af dessa batterier. Dessa kostnader kunna här blifva högst betydliga, emedan man måste hafva dubbla uppsättningar af batterier, hvaraf omväxlande den ena afdelningen lämnar ström till konsumenterna, medan den andra laddas, ty eljest måste strömleveransen afbrytas, när laddningen pågår, då en samtidig laddning och urladdning af batteriet under de antagna förutsättningarna icke låter sig göra. Under alla omständigheter öppnar dock en sådan användning af ackumulatorer, hvilken äfven blifvit praktiskt försökt, en utväg, som möjligen i en framtid kan utvecklas och förbättras därhän, att den på ett mera tillfredsställande sätt leder till målet.

Ett annat medel att kunna använda högspänning i matarledningarna lämnar det så kallade *flerledarsystemet*. Vi skola här närmare beskrifva dess enklaste form, *treledarsystemet*, hvilket erhållit stor användning och visat sig ganska tillfredsställande för ändamålet. Enligt detta system kopplas tvenne dynamomaskiner för lågspänning efter hvarandra och representera alltså ett batteri af två element, hvars spänning är dubbelt så stor som hvardera maskinens (fig. 277). Både från den positiva och negativa polen utgå ledningar till belysningsområdet, men dessutom finnes en tredje ledning, från föreningsstället mellan de båda dynamomaskinerna. Denna sista ledning kallas utjämnings- eller neutralledning, äfven noll-ledning. Mellan densamma och hvar och en af de båda öfriga förefinnes normalspänning. Lamporna inom en belysningsanläggning fördelas nu uti tvenne så mycket som möjligt lika grupper, hvaraf den ena inkopplas mellan den positiva och neutralledningen och den andra mellan neutralledningen och den negativa ledningen. Båda lampgrupperna

äro inbördes seriekopplade. Så länge alla lampor i båda grupperna brinna, går strömmen från den positiva ledningen genom den därmed anslutna lampgruppen, vidare genom den andra lampgruppen och den negativa ledningen åter till dynamomaskinerna. Den neutrala ledningen för i detta fall ingen ström, eller åtminstone endast på helt korta stycken mellan lampgrupperna. Men om en del af lamporna, t. ex. i den senare gruppen, släckes, så går genom denna grupp icke lika mycken ström som genom den första, och den af den andra gruppen icke upptagna strömmen föres i sådant fall genom neutralledningen tillbaka till den mot nämnda grupp svarande dynamomaskinen. Skulle åter antalet brinnande lampor vara större i den andra gruppen än i den första, så måste åt de öfvertaliga lamporna, som icke kunde erhålla ström från den första gruppen, den behöfliga elektricitetsmängden tillföras genom neutralledningen. Häraf synes, att strömstyrka och strömriktning i utjämningsledningen komma att växla, alltefter behofvet af utjämningsström och den grupp, till hvilken den skall ledas.

Af det nu sagda framgår äfven, att man med treledarsystemet inbesparar åtminstone en fjärdedel af ledningarna. Vid användande af enkel parallelkoppling skulle nämligen för hvarje grupp erfordras en tilledning och en återledning, under det att vid treledarsystemet en af dessa fyra ledningslängder bortfaller. Vid riktig fördelning af lamporna inträffar det emellertid knappast, att alla lamporna i en grupp brinna, medan samtliga lamporna i den andra äro släckta. Utjämningsledningen behöfver därför aldrig upptaga hela strömstyrkan från en grupp, utan att dela med sig däraf åt den andra gruppen. Man kan därför till neutralledningen använda mindre grof tråd och på detta sätt ytterligare spara bortåt en åttondel af ledningslängden.

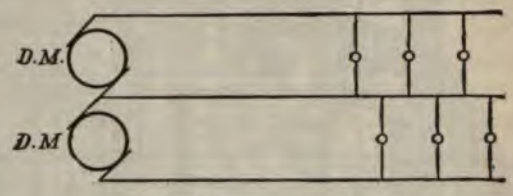


Fig. 277. Schema för treledarsystem.

Det ligger nära till hands att tänka sig systemet utsträckt till ett ännu större antal ledningar och lamporna delade i tre eller fyra grupper, för att genom en ännu längre drifven seriekoppling spara ännu mer ledningsmateriel. Man har också vid elektricitetsverket i Königsberg i Tyskland och jämväl för glödlampbelysningen vid *Gellivara malmfält* i vårt land för detta ändamål användt ända till *femledarsystem*, alltså kopplat lamporna efter hvarandra i fyra grupper. Huruvida en dylikt långt drifven delning verkligen blir praktisk och förmånlig, därom föreligger ännu icke tillräcklig erfarenhet.

Gent emot flerledarsystemets fördelar stå åtskilliga därmed förenade olägenheter. Så blifva gifvetvis kopplingsanordningarna och regleringsinrättningarna mera komplicerade och fordra därför en noggrannare och mera sakkunnig skötsel, om anläggningen skall funktionera väl och fel eller störingar undvikas. Men fördelarna äro i alla fall så öfvervägande, att man på senare tider rätt mycket tillämpat detta system vid större anläggningar. Stockholms elektricitetsverk är utfördt efter treledarsystem. I Berlin har man småningom förändrat det äldre ledningsnätet från tvåledarsystem till treledarsystem, hvarvid anordningen förenklats genom att i stället för två seriekopplade dynamomaskiner använda en sådan med dessas sammanlagda spänning.

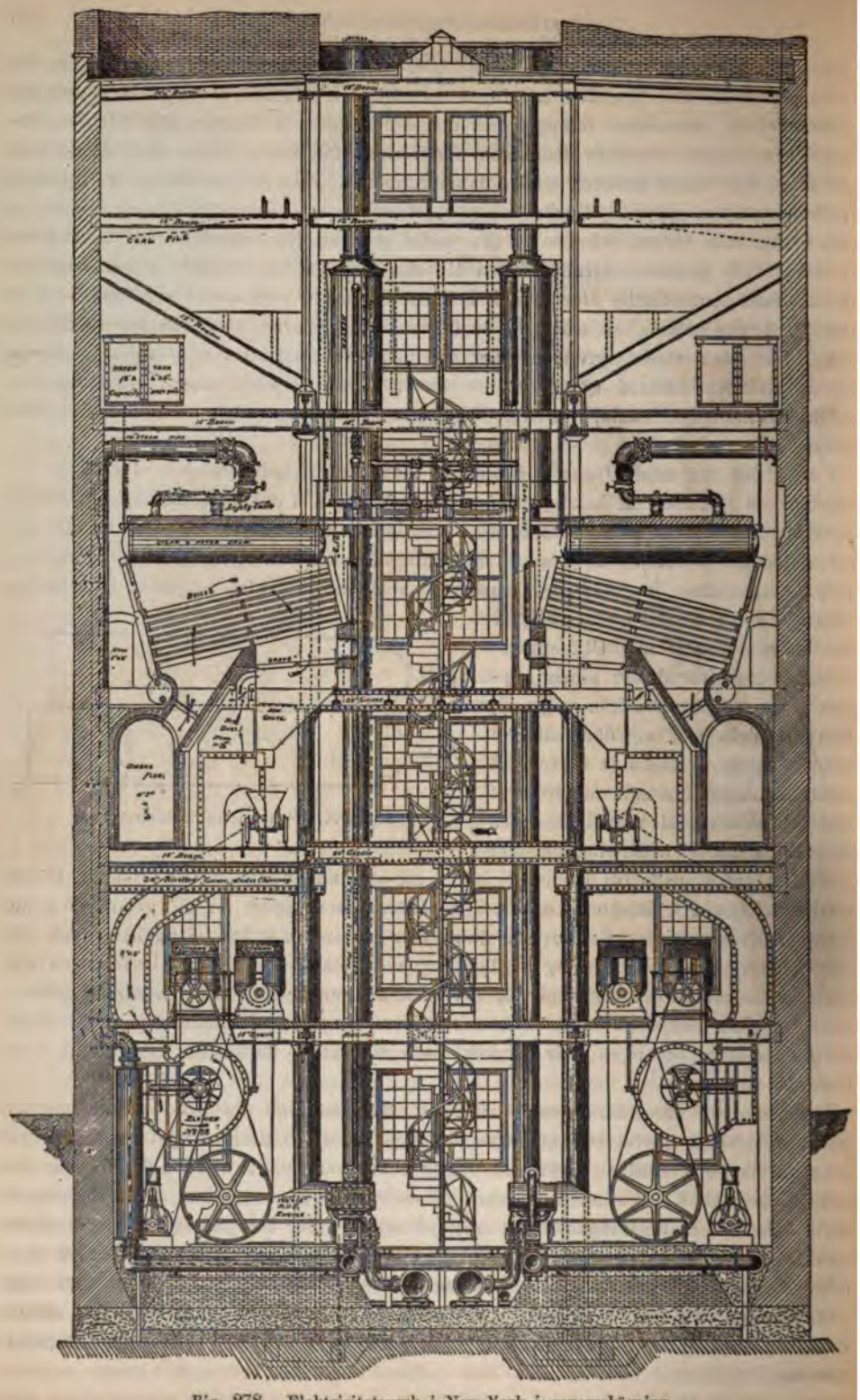


Fig. 278. Elektricitetsverk i New-York i genomskärning.

Amerikanska elektricitetsverk. Amerikanerna voro de första, som slogo in på den vägen att i stora centralanläggningar alstra elektrisk ström för att därifrån fördela den till konsumenter och sålunda befria dessa från omaket och svårigheterna att själfva generera strömmen. I detta hänseende hafva de visserligen försteget, men det torde kunna med skäl ifrågasättas, om icke de största och bäst anordnade elektricitetsverken numera finnas i Europa.

För att visa skillnaden mellan de amerikanska och europeiska elektricitetsverken skola vi här i korthet beskrifva ett af New-Yorks elektricitetsverk, nämligen det som anlagts af Edison-bolaget. Därvid får dock icke förbises, att jämförelsen är i viss mån haltande, därför att detta verk redan tillhör de äldre. Äfven i Amerika hafva

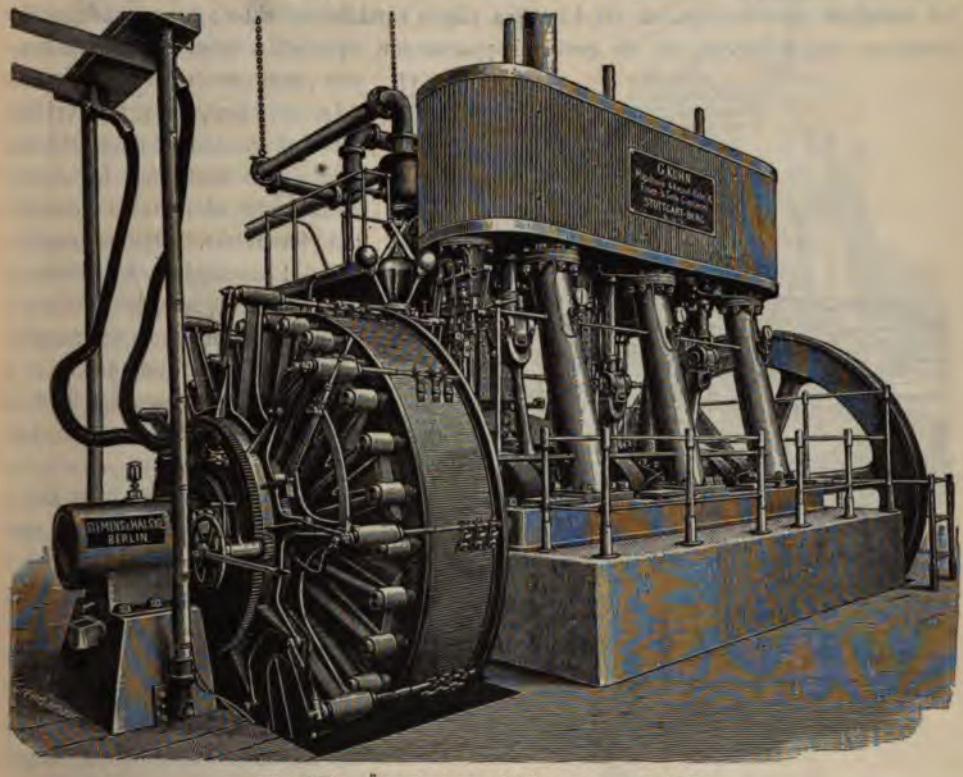


Fig. 279. Ång-dynamo af Siemens & Halske.

på senare tid byggts flera moderna belysningscentraler. Det nämnda verket är emellertid ganska typiskt amerikanskt och äger därjämte ett ej ringa historiskt intresse.

Då ett elektricitetsverk för likriktad ström måste förläggas möjligast centralt inom belysningsområdet och således i allmänhet på ganska dyrbar tomt, var man vid nämnda anläggning tvungen att på allra bästa sätt tillgodogöra sig utrymmet, och därför anordnades de olika maskinlokalerna öfver hvarandra. Såsom fig. 278 visar, stå ångmaskinerna i källarvåningen med pannorna i tredje våningen. Maskinerna hafva en ganska hastig gång och äro 14 till antalet, hvardera om 200 hästkrafter. Medelst remtransmission drifver hvarje ångmaskin två dynamomaskiner, hvilka alltså äro 28 till antalet, uppställda i första våningen. Användningen af små och många maskiner samt remtransmissioner har i Europa redan länge varit ansedt såsom icke tidsenligt.

De modernaste elektricitetsverken utrustas i stället med ett färre antal stora och långsammare gående dynamomaskiner i ändamål att undvika alla de vanskligheter, som äro en följd af remtransmissioner och handhafvandet af många små maskiner. De nyaste amerikanska verken hafva också efter europeiskt föredöme öfvergått till denna bättre och säkrare anordning. En sådan stor ång-dynamomaskin, tillverkad af firman Siemens & Halske i Berlin, afbildas fig. 279. Den stora dynamon är omedelbart förenad med ångmaskinens axel; maskinen är afsedd för generering af likriktad ström. Det har emellertid varit förenadt med vida större svårigheter att konstruera stora maskiner för likriktad ström än för växelström. Den i fig. 279 afbildade maskinen är en så kallad innerpolmaskin och företer den redan förut på sid. 52 omtalade egendomligheten att icke äga någon särskild kollektor; de strömafledande borstarna släpa direkt på de grofva kopparskenor, som bilda induktorlindningarna, och sitta på armar, utgående från ett hjul, som kan vridas för borstarnas inställning. Genom hela denna anordning har konstruktionen af maskinen betydligt förenklats. Dynamomaskinerna i Stockholms elektricitetsverk äro dylika innerpolmaskiner, direkt förenade med ångmaskinernas axlar. Efter denna afvikning från det egentliga ämnet vända vi åter till de amerikanska verken.

Fig. 280. Rörkanaler för elektriska kablar.

Hvartdera af de båda ångpannebatterierna består af sju vattenrörångpannor, system Babcock & Wilcox; mellan dem finnes en bred gång för pannornas betjänande. Kolen forslas i små vagnar upp i öfversta våningen och stjälpas där i stora behållare, belägna öfver ångpannerummen och hvarifrån kolen efter behof nedfalla genom matningstrattar framför pannorna. Genom öppningar i pannrummets golf nedskoflas aska och slagg i vagnar, stående i närmast undre våning och hvilka sedan nedfiras i kolhissen för att vidare bortföras från verket. Dynamomaskinerna äro byggda för 140 volts spänning och 600 ampère, och göra 650 hvarf i minuten. Hvar och en förmår således mata i rundt tal 1,200 16-ljuslampor och hela verket 32,000 lampor.

I fråga om ledningarna hafva amerikanerna försökt sig på många olika anordningar. Öfverallt där det lät sig göra framdrog man båglampledningar med ett stort antal i serie kopplade lampor, i regeln ofvan jord såsom luftledningar, tills slutligen de upprepade olycksfallen genom dessa högtensionsledningar föranledde de resp. stats- och stadsmyndigheterna att yrka på dessa ledningars läggande i jorden. Denna fordran stötte naturligtvis på starkt motstånd från de stora belysningsbolagens sida men blef dock, åtminstone i de större städerna, till väsentlig del genomförd. Det gällde

då ett utfinna ändamålsenliga och billiga system för dessa underjordiska ledningar, och i detta hänseende har man i Amerika försökt både ett och annat, liksom för öfrigt förhållandet varit äfven i Europa. Å båda hållen hafva sträfvandena afsett att på bästa möjliga sätt skydda kablarna mot skada men tillika ställa så till, att en skadad kabel måtte kunna uttagas, utan att marken uppgräfves, och likaså nya kablar indragas i ledningskanalerna. Den bästa lösningen af detta problem erbjuda naturligtvis de så kallade »*subways*», d. v. s. rymliga gångar under gatubeläggningen. Ett sådant underjordiskt gatunät, som Paris kan glädja sig åt, gör det möjligt att på bekvämt sätt framdraga de allt talrikare ledningarna af olika slag, nämligen gas-, vatten-, telegraf-, telefon- och andra ledningar, äfvensom tillse och reparera dem samt anlägga nya utan att därför upprifva gatorna, hvilka otrefliga och trafikstörande arbeten ju äro allt annat än sällsynta i andra stora städer. Då nu dylika gatutunnlar, hvilka dock sannolikt i framtiden blifva oundvikliga, emellertid äro mycket dyrbara att anlägga, så har man måst nöja sig med smärre ledningskanaler, vanligen anlagda i trottoarerna, hvari kablarna kunna införas och framdragas. Fig. 280 visar ett i Amerika användt system med parallela, i beton lagda järnrör för kablarna. För afgreningarna finnas särskilda lådor. Ofta användas för dessa rörkanaler så kallade »koncentriska» kablar, om hvilka vi få tillfälle att vidare tala vid beskrifningen af elektricitetsverk för växelström. Dessa kablar hafva till- och återledning förenade i samma sträng och kunna således på samma gång indragas i röret.

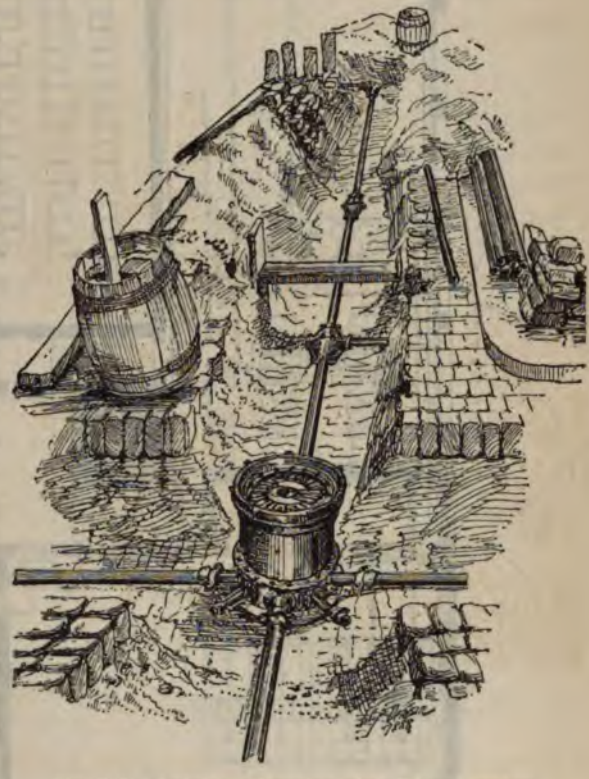


Fig. 281. Ledningsanläggning efter Edisons system.

Edison har förfarit på ett annat sätt. Han införde tvenne kopparskenor i form af tvenne Ⅱ D i ett och samma järnrör, isolerade inbördes och från järnröret genom en gjutmassa. Medelst lämpliga inrättningar kunde dessa rörstycken förenas med hvarandrå till en sammanhängande ledning, hvarvid vinklar och afgreningar åstadkommos i därför enkom afpassade lådor eller rörstycken (fig. 281). På senare tid har man i allmänhet frångått dessa korta och styfva ledningsdelar och föredrager i stället långa och böjliga ledningar eller kablar. De amerikanska elektroteknikerna kombinera ofta underjordsledningar med luftledningar inom kvarteren på så sätt, att underjordsledningen framdrages till kvarterets midt, hvarifrån luftledningar sedan utgrenas till konsumenterna inom samma kvarter, en anordning som väsentligt fram-

kallats och underlättats af det i Amerikas städer ej ovanliga byggnadssättet, att alla hus stå vid kvarterets ytterkanter och hela den inre delen är fri, bildande gårdar eller trädgårdar. På denna öppna plats ställas stolpar, hvarifrån luftledningarna utgå åt olika håll.

Stockholms elektricitetsverk. Den mest betydande centralanläggning för elektrisk belysning i vårt land utgör det staden tillhöriga *elektricitetsverket i Stockholm.*

Sedan frågan om byggandet af ett elektricitetsverk flera gånger varit på tal inom Stockholms stadsfullmäktige och förberedande åtgärder vidtagits för utrönande af den anslutning, som vore att förvänta, och erhållande af annan behöflig utredning,

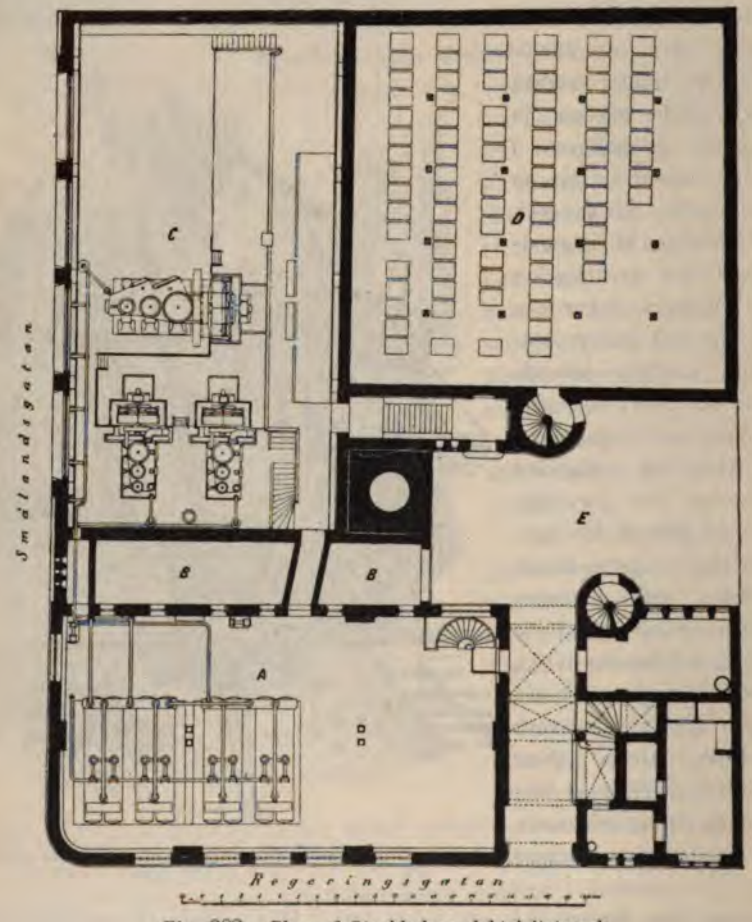


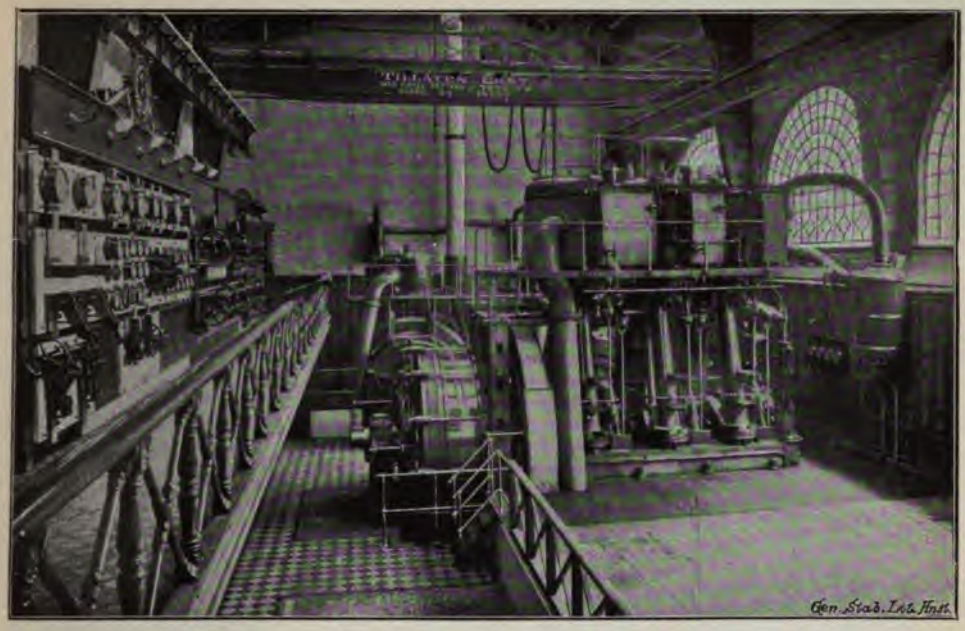
Fig. 282. Plan af Stockholms elektricitetsverk.

antogo slutligen stadsfullmäktige den 13 december 1889 ett af gasverksstyrelsen uppgjordt förslag till anläggning för stadens räkning af ett elektricitetsverk för större delen af Norrmalm, afsedt till en början för endast 10,000 lampor men för en framtida utvidgning till 30,000 lampor. Det visade sig sedermera, när anbud inkommit på anläggningen af ångpannor, ångmaskiner, dynamomaskiner, instrument och kabelsystem och de slutliga detaljberäkningarna blifvit uppgjorda, att den verkliga kostnaden kunde beräknas högst väsentligt öfverstiga hvad som förut antagits böra vara tillräckligt. Detta hade till följd, att inskränkningar måste företagas i den ursprung-

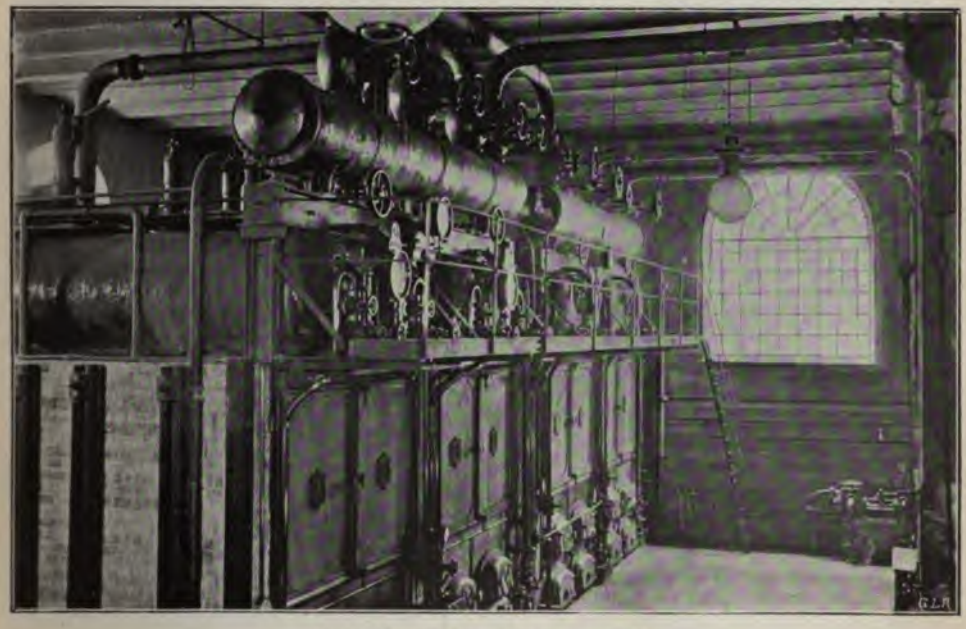
Plan af ledningsnätet.

Skala 1 : 12000.

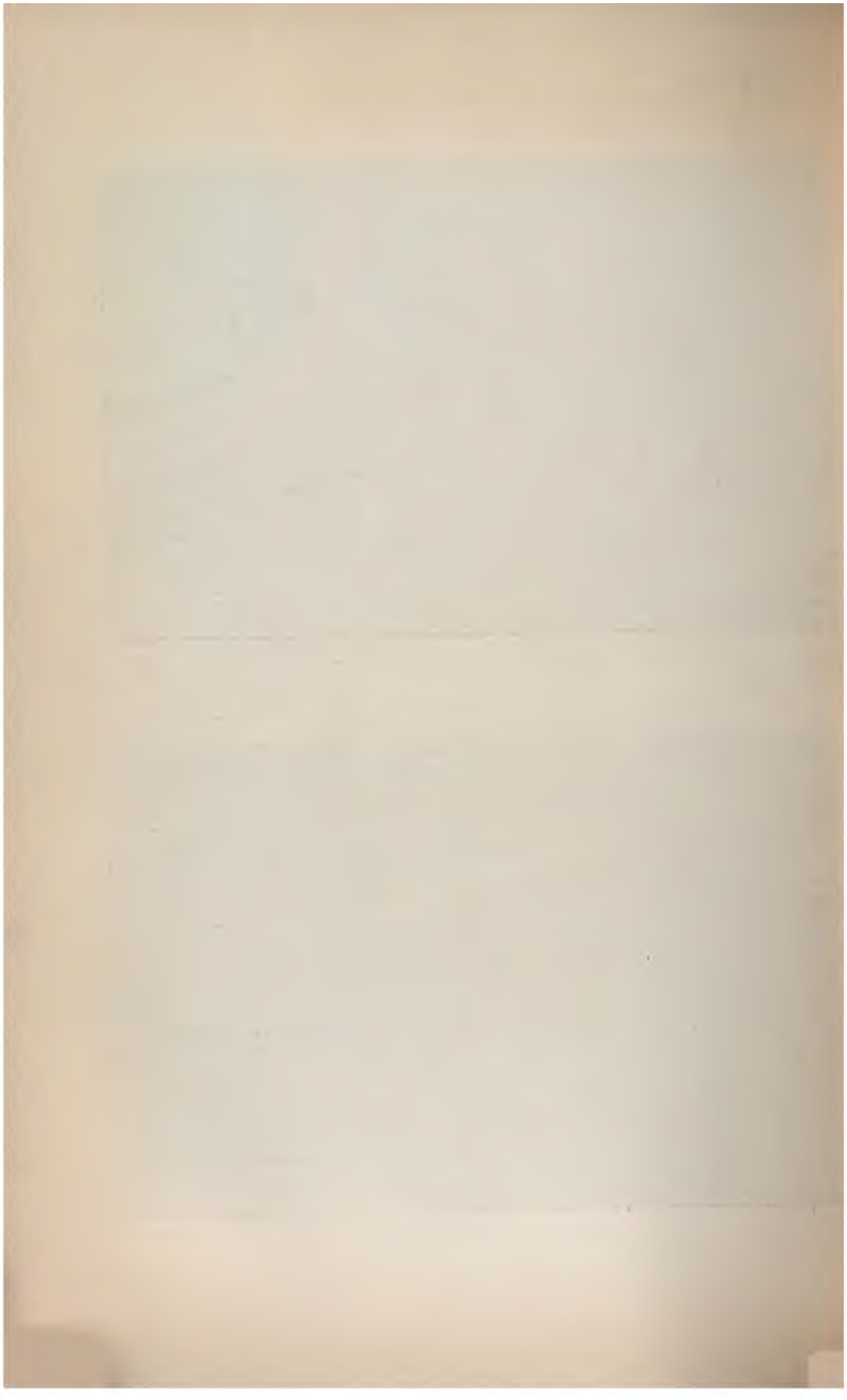
icitetsverk.



Interiör af maskinrummet.



Interiör af ångpannerummet.



liga planen. Bland annat bestämdes, att ångpannor, ångmaskiner och ackumulatorer — ty Stockholms elektricitetsverk är baseradt på en kombinerad dynamo- och ackumulatordrift — skulle till en början anskaffas endast för 5,000, men ledningsnätet dock anläggas tillräckligt för 10,000 samtidigt brinnande lampor. Sedan planen för elektricitetsverket blifvit i detta skick definitivt antagen och godkänd, bedrefs arbetet med all fart, och den 16 juli 1892 var verket så färdigt, att ström kunde utsläppas i nätet. De första lamporna som tändes voro uppsatta i Sörmans butik vid Regeringsgatan n:o 4. Den 1 september öppnades verket officiellt med 1,024 tillkopplade glödlampor.

Belysningsområdet omfattar, såsom nyss nämndes, större delen af Norrmalm. Verket är inrättadt för likriktad ström och treledarsystem. Såsom af planen öfver ledningsnätet framgår, Pl. III, har stationen en synnerligen förmånlig belägenhet nästan i centrum af belysningsområdet.

Fig. 283. Stockholms elektricitetsverk, fasaden åt Regeringsgatan.

Fig. 282 visar plan af nedre våningen innehållande maskin- och ångpannerum; öfriga våningar upptagas af kontors- och laboratorierum samt några bostadslägenheter.

Ursprungligen uppställdes två *vattenrörångpannor*, om hvardera 170 kvm. eldyta och afsedda för 12 atmosfärers öfvertryck. De äro levererade från firman Babcock & Wilcox Lim. i London. Tillverkningen af sådana pannor hade då ännu icke börjats i Sverige. Sedermera hafva tillkommit två ångpannor af samma typ från Munktells *Mek. Verkstads Aktiebolag i Eskilstuna*, men utrymme finnes ännu för ytterligare tre sådana pannor.

De tvenne första *ångmaskinerna* äro levererade från W. Lindbergs *Verkstads- och Varfsaktiebolag i Stockholm*. De äro stående trippelexpansionsmaskiner med kondensation och konstruerade hvardera för en normalbelastniag af 250 hästkrafter, men de kunna i maximum utveckla 300 hästkrafter. Kondensationsvattnet erhålles från en brunn i källaren, bestående af ett stålrör 1,6 m. i diameter och mer än 10 m. i längd.

Med hvar och en af dessa ångmaskiner är en *dynamomaskin* direkt kopplad. Dessa äro af Siemens & Halskes bekanta innerpolmodell (fig. 279), hafva 6 poler och alstra, med en hastighet af 100 hvarf i minuten, en elektrisk ström af 670 ampère och 340 volt.

Den ökade förbrukningen af elektrisk ström har redan föranledt en ganska väsentlig utvidgning af elektricitetsverket, hvarigenom dess kapacitet mer än fördubblats. Också utgjorde vid 1895 års slut antalet uppsatta glödlampor 14,557 stycken, motsvarande en strömmängd af 5,924 ampère, hvartill kommo 212 stycken båglampor och 39 motorer, motsvarande en strömstyrka af 1,125 ampère, eller i ett för allt motsvarande öfver 16,000 glödlampor à 16 normalljus. Vid 1896 års slut beräknades antalet uppgå till öfver 23,000 16-ljuslampor. För att tillgodose denna högst betydligt ökade strömförbrukning uppställdes under sistnämnda år en tredje ångmaskin med tillhörande direkt kopplad dynamomaskin. Den nya ångmaskinen, som levererats

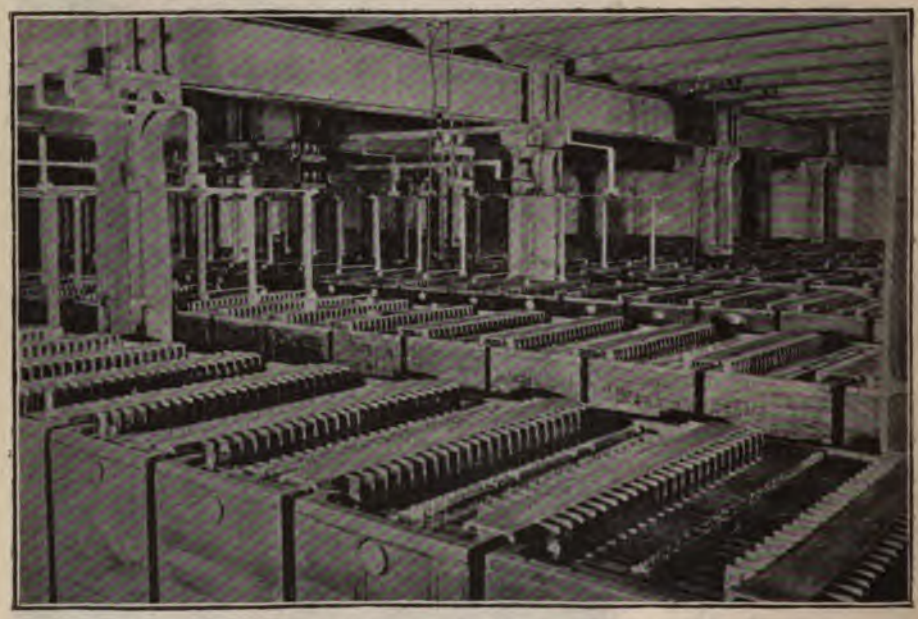


Fig. 284. Stockholms elektricitetsverk, interiör från ackumulatorrummet.

af Motala *Verkstads Nya Aktiebolag* har 500 hästkrafter, är också stående och af trippelexpansions-systemet. I maskinhuset finnes dock plats för ytterligare tvenne ångmaskiner med dynamomaskiner af samma storlek som de nyuppsatta. Å Pl. III visas interiörer af maskin- och ångpannerummet.

Såsom redan förut omtalats, äro dynamomaskinerna kombinerade med ett stort ackumulatorbatteri. I nästa afdelning komma vi att något närmare redogöra för betydelsen och anordningen af en dylik kombination. Här må endast omnämnas, att nämnda ackumulatorbatteri (fig. 284) består af 354 Tudor-ackumulatorceller med en sammanlagd kapacitet af 2 . 5,280 ampèretimmar (= 23,500 lamptimmar) och en maximiurladdningsström af 2 . 1,580 ampère (öfver 7,000 lampor) samt alltid i stånd att leverera en spänning af 250 volt.

Ledningarna äro öfverallt lagda i jorden, vanligen i trottoarerna och icke synnerligen djupt, omkring 70 cm. under stensättningen. Utläggandet af kablarna

är ett jämförelsevis ganska enkelt arbete men fordrar dock i fråga om vissa detaljer, såsom vid införande i kopplingslådor o. s. v., stor omsorg, om icke kablarna skola taga skada och isolationens fullständighet äfventyras. De stora kabelringarna framföras till den i gatan uppgräfda kanalen, och kabeln afrullas från en kärra med roterande bord direkt ned på sin plats i kanalen, hvarefter denna igenlägges. Vid gatukorsningar dragas kablarna genom järnrör, men eljest ligga de i jorden utan någon särskild skyddande omgifning. Ledningsnätet äfvensom instrumenttaflan med apparater för skötsel och kontroll af driften äro levererade af firman Siemens &

Fig. 285 och 286. Järnmuff med lock för skarfning eller afgrening.

Halske i Berlin. I kablarna är den af ett stort antal finare koppartrådar bestående kärnan isolerad medelst vaxad juteväf och försedd därutomkring med en tätt åtsittande blymantel, till förhindrande af fuktighets inträngande, samt ytterst, såsom skydd mot åverkan, med en dubbel omspinning af järnband, klädd med asfalterad juteväf.

Vid skarfvar och afgreningar användas järnmuffar, fig. 285 och 286, i hvilka de kablar, som skola förenas, inläggas. Sedan föreningen verkställts, påskrufvas locket, hvarjämte till förhindrande af fuktighets inträngande hela muffen fylles med isoleringsmassa, hvilken ingjutes genom ett i lockets öfversta del befintligt litet hål, sedan täppskrufven borttagits.

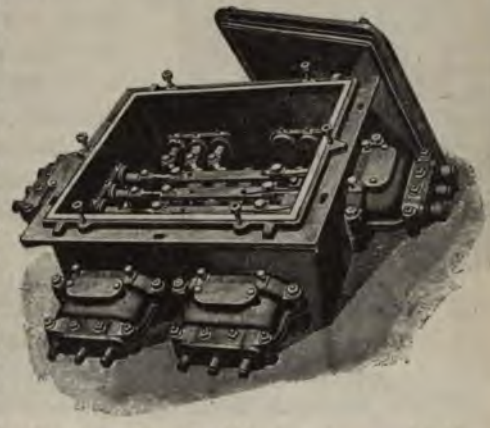


Fig. 287. Kopplingslåda för större antal kablar.

På sådana ställen, i allmänhet i gatuhörnen, där ett större antal kablar sammanlöpa, begagnar man sig af särskilda kopplingslådor, fig. 287, af järn, genom hvilkas väggar kablarna vattentätt införas och hvari de med hvarandra förenas medelst lättsmälta säkerhetsmetaller. Till skydd mot fuktighet eller föroreningar tillslutes hvarje sådan låda med ett tätt åtskrufvadt järnlock. I gatuläggningens plan täckes hålet med en fyrkantig stenskifva, försedd med lyftringar.

Hela ledningsnätet hade vid 1895 års slut en sammanlagd längd af nära 92 km., och under år 1896 har det ytterligare högst betydligt ökats.

Kostnaden för elektricitetsverkets anläggning, inberäknadt tomt och byggnader, öfverstiger 2,300,000 kronor, och kommer däraf mer än 25 procent på ledningsnätet och ej långt ifrån 12 procent på ackumulatorerna.

Elektricitetsmätare. Kostnaden för strömförbrukningen han beräknas på olika sätt. Någon gång sker uppskattningen i lamptimmar men vanligare i *ampère-*

timmar, d. v. s. antalet ampère multipliceradt med antalet timmar, hvarunder detta ampèretal förbrukats. En strömförbrukning af 80 ampèretimmar betyder således, att man t. ex. användt 16 ampère under 5 timmar eller 5 ampère under 16 timmar eller hvilken annan uppdelning som helst, endast produkten blir lika med 80. Har strömmen användts för glödlampor om endast 16 normalljus och med en spänning af omkring 100 volt, hvilka erfordra i rundt tal en strömstyrka af $^1/_2$ ampère, har man för dessa 80 ampèretimmar kunnat hålla 32 lampor lysande under 5 timmar eller 10 lampor under 16 timmar. Med andra ord, 80 ampèretimmar motsvara 160 lamptimmar, men endast under förutsättning af lampor, som kräfva en strömstyrka just af $^1/_2$ ampère. Det framgår häraf, att en uppskattning i lamptimmar är mera godtycklig och obestämd, då därvid alltid måste tagas med i räkningen, hvilket slags lampor som användas. Uppmätningen i ampèretimmar är därför vida mer rationell. Denna beräkningsgrund motsvarar i själfva verket vid förbrukning af lysgas uppmätning af den använda mängden, antalet kbm. gas, eller vid vattenförbrukning antalet kbm. vatten.

Fig. 288. Edisons elektricitetsmätare.

Men liksom en kbm. vatten eller ånga, åtminstone om man afser att därmed drifva motorer, icke alltid är lika mycket värd, utan mera när trycket är högre, på samma sätt är det med den elektriska strömmen; en ampère däraf är icke alltid lika arbetskraftig, utan i detta afseende beroende på trycket, d. v. s. spänningen, volttalet. Riktigast blir därför att uppmäta det förbrukade elektriska arbetet, d. v. s. antalet *voltampèretimmar*, då, såsom vi från det föregående erinra oss, just produkten af spänningen och strömstyrkan representerar den elektriska energien.

Man må nu använda den ena eller andra enheten för strömmens uppmätning, så blir det dock alltid nödvändigt att hafva en apparat, som automatiskt förrättar denna uppmätning, på samma sätt som våra gasmätare angifva mängden förbrukad gas.

I den elektriska belysningens tidigare dagar begagnades för detta ändamål en af Edison uppfunnen apparat, vid hvilken en bestämd bråkdel af den till en anläggning levererade strömmen leddes genom två i en zinksaltlösning ställda zinkplattor (fig. 288). Såsom vi längre fram i kapitlet »elektrokemi» skola finna, upplöses den metallplatta, där den elektriska strömmen inträder, hvaremot metall afskiljes och afsätter sig på den andra plattan, vid hvilken strömmen utgår ur apparaten. Den mängd metall, som sålunda öfverflyttas från den ena plattan till den andra, beror på strömmens styrka och tiden för dess inverkan, med andra ord på antalet ampèretimmar. Känner man lampornas strömförbrukning, kan detta antal lätt reduceras till lamptimmar, om man hellre önskar använda denna enhet för mätningen. För att med denna elektricitetsmätare utröna t. ex. antalet lamptimmar under en månad erfordras endast att vid början och slutet af denna tid genom vägning bestämma mängden af den metall, som öfverflyttats från den ena plattan till den andra; med kännedom om vissa för instrumentet fixa siffertal kan man sedan beräkna antalet

lamptimmar eller ampèretimmar. Edisons elektricitetsmätare har dock visat sig mindre tillförlitlig, och vägningen, som måste ske ganska noggrant, blir i längden ett besvärligt arbete, som dessutom endast kan anförtros åt mera kunniga biträden. Denna mätare har därför, åtminstone vid elektricitetsverken i Europa, helt och hållet undanträngts af andra, hvaremot den af professorn dr Aron konstruerade elektricitetsmätaren särskildt i vårt land vunnit en ganska stor spridning. Principen för denna apparat är mycket enkel. Svängningstiden för en fritt hängande pendel med oföränderlig längd beror på den verkande kraften, således vid en vanlig pendel på tyngd-

Fig. 289. Arons mätare; äldre form.

Fig. 290. Arons mätare; nyare form.

kraften. Åverkas pendeln därjämte af en annan kraft, som minskar eller ökar tyngdkraftens inflytande, så kommer pendeln att röra sig långsammare eller fortare. Kombineras pendeln med ett urverk, kommer detta i sådant fall att draga sig efter eller före; vid jämförelse med ett normalur, hvars rörelse bestämmes af tyngdkraften ensam, gifver denna tidsskillnad en grund för beräkningen af denna andra kraft.

I Arons elektricitetsmätare utgöres denna andra kraft af en elektrisk strömspoles inverkan på en magnetpol. Om en magnetstång fästes vid änden af en pendel (fig. 289) så, att t. ex. sydpolen kommer nedåt, och under pendeln anbringas en trådrulle, genom hvilken strömmen måste passera, så verkar denna såsom en magnet,

d. v. s. stöter bort eller drager till sig pendelmagneten alltefter strömmens riktning. Därigenom minskas eller ökas tyngdkraftens inverkan på pendeln, och dennas rörelse försenas eller påskyndas. Huru mycket det ena eller andra sker beror på strömstyrkan, och sålunda har man ett enkelt och noggrant instrument för mätning af strömförbrukningen. I senare tid har en förbättring vidtagits, så att man kan direkt afläsa tidsskillnaden på en tafla och icke behöfver göra jämförelse med ett annat ur. För detta ändamål kombineras elektricitetsmätarens ur med ett vanligt, normalt gående ur på sådant sätt, att båda verka på en gemensam axel men åt motsatt led. Så länge båda pendlarna hafva lika svängningstid, äro vridningskrafterna lika starka, och därför vrides axeln icke alls. Men så snart en skillnad uppstår i följd af den elektriska strömmens verkan på den ena pendeln, börjar axeln genast vrida sig. Antalet hvarf är proportionellt med det ena urets försprång före det andra och kan lätt angifvas på en tafla. Genom särskilda justeringsanordningar åstadkommes, att hvarje hvarf motsvarar ett visst antal *ampèretimmar*, och man har sedan blott att multiplicera axelns omloppstal under en viss tid med ett för hvarje instrument gifvet konstant tal, för att erhålla strömförbrukningen under samma tid. Fig. 290 visar en sådan förbättrad mätare med sina båda pendlar. Urverket

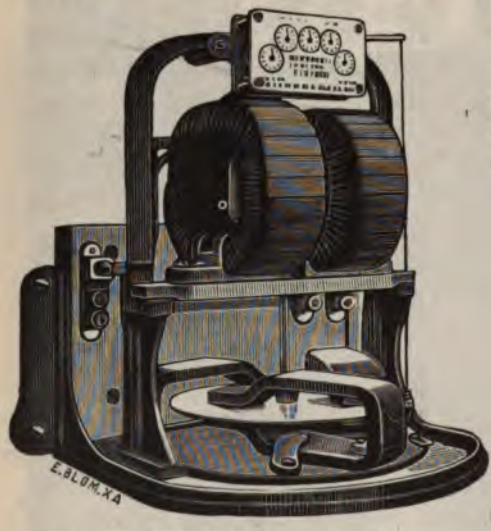


Fig. 291. Thomsons mätare.

Fig. 292. Auberts mätare.

går efter hvarje uppdragning omkring 30 dygn men bör helst uppdragas 2 gånger i månaden. Mätaren anbringas hos hvarje konsument på sådant sätt, att all den ström, som kommer till honom, först måste passera genom mätaren.

Genom en liten förändring af konstruktionen kan mätaren anordnas för angifvande af *watt*-timmar i st. f. *ampère*-timmar. Den ena pendeln har då i st. f. magnet en rulle, lindad med en shunttråd. Då strömmen genomgår båda rullarna, orsakas däraf en ändring i pendelsvängningarna, proportionell emot produkten af spänningen och strömstyrkan. Visaren å taflan angifver direkt *hektowatt*-timmar.

Bland andra konstruktioner af mätare, som också användas till större eller mindre omfattning, må här omnämnas den som uppfunnits af prof. E. Thomson. Vid denna mätare ledes strömmen genom en liten elektrisk motor (fig. 291). På motorns axel sitter en kopparskifva, hvilken rör sig mellan polerna till tre stålmagneter. I följd häraf uppstå vid skifvans rotation strömmar i densamma, hvilka omsättas i värme. Motorn får på detta sätt förrätta ett arbete, desto större ju basti-

gare skifvan roterar, och detta arbete står i sådant sammanhang med strömstyrkan, att antalet hvarf under en tidsenhet är proportionellt med strömstyrkan, i följd hvaraf det naturligtvis är en enkel sak att anordna instrumentet så, att liksom vid Arons mätare afläsningen han ske å en tafla med visare. Apparatens fem visare angifva direkt antalet *watt*-timmar, ända till 100000-tal. Denna mätare har således intet urverk beroende af uppdragning utan är alltid i ordning och kan af konsumenten lätt kontrolleras.

Auberts elektricitetsmätare (fig. 292), som äfven har funnit någon användning i vårt land, anger icke direkt den förbrukade elektricitetsmängden utan endast den tid, hvarunder strömmen varit sluten, d. v. s. förbrukning af ström ägt rum. Den är således användbar endast på sådana platser, där förbrukningen alltid är lika stor. Mätaren består af en kapsel, inneslutande ett urverk, som sätter åtskilliga visare i rörelse, utvisande, såsom i allmänhet vid registrerande apparater, enheter, 10-tal, 100-tal o. s. v. af den antagna mätningsenheten. Dessutom finnes en afstängare, som är ställd i förbindelse med urverkets oro så, att då strömmen slutes, urverket utlöses och kommer i gång, men då strömmen afbrytes ett spärr från afstängaren ingriper i urverket, så att detta stannar.

Vid Stockholms elektricitetsverk är afgiften 6 öre per 100 volt-ampèretimmar eller, såsom man äfven säger, per hektowatt-timme för elektrisk ström till lyse, samt från och med år 1897 2 öre för ström till motorer.

Strömförbrukningen under året 1895 uppgick till öfver 3 millioner ampèretimmar och var störst den 16 december, då den öfversteg 29,700 hektowatt-timmar, och lägst den 23 juni med 2,160 hektowatt-timmar.

Elektricitetsverk med ackumulatorer. Att alstra elektrisk ström endast genom dynamomaskiner medför tydligtvis den olägenheten, att belysningen är begränsad till den tid, maskineriet arbetar, samt att ett mången gång ganska stort maskineri af denna anledning måste vara i verksamhet äfven på de tider af dagen, då strömförbrukningen är mycket ringa. Till undvikande af denna olägenhet har man anlitat ackumulatorerna, hvilka, sedan de vid mindre omfattande anläggningar visat sig fullt ändamålsenliga, äfven vunnit insteg vid de större elektricitetsverken och kombinerats med dynamomaskinerna för att bekvämt kunna både utsträcka och reglera driften. Ett stort antal centralstationer i vårt land, bland dem Stockholms elektricitetsverk, äro försedda med ackumulatorbatterier.

Det i visst afseende enklaste sättet för en dylik kombination skulle naturligtvis vara att för ackumulatorernas laddning använda en särskild maskin, hvilken efter fullbordad laddning frånkopplades ackumulatorerna, innan dessa förenades med belysningsnätet. En sådan anordning vore dock uppenbarligen ganska opraktisk och jämväl onödigt kostsam. Ty man måste då äfven hafva en andra dynamomaskin för belysningsnätets matning under den tid, då den förra maskinen arbetar för ackumulatorernas laddning. Det är därför bättre att låta en och samma maskin på en gång ladda ackumulatorerna och mata de lampor, som möjligen samtidigt äro brinnande, och detta bör mycket väl kunna gå för sig, om laddningen sker under dagen, då endast ett fåtal lampor brinna. När den mörkare tiden på dygnet sedan inträder och strömförbrukningen tilltager, får laddningen upphöra, och dynamomaskinen genererar sedan ström allenast för ledningsnätet, antingen ensam eller ock med hjälp från ackumulatorbatteriet, hvilket senare ensamt öfvertager strömalstringen längre fram på natten, då strömförbrukningen åter nedgått.

Att på detta sätt ladda ett ackumulatorbatteri med en dynamomaskin, hvilken samtidigt matar ström ut i ledningsnätet, är dock icke en så enkel sak, som det vid första påseendet möjligen kunde förefalla.

Antagom, att ackumulatorbatteriet är kopplad parallelt med lamporna (fig. 293), så att följaktligen strömmen går dels till lamporna och dels till laddning af ackumulatorerna. Lamporna fordra, som vi veta, en i det allra närmaste konstant spänning, hvaremot laddningsspänningen för ackumulatorerna ändras i rundt tal från 2 volt upp till 2,7 volt för hvarje ackumulatorcell. Fordran på konstant spänning för anläggningens ena del står därför illa tillsammans med förutsättningen af växlande spänning för den andra. Man kan på åtskilliga sätt undvika denna svårighet och möjliggöra parallelkoppling af ackumulatorerna. Antingen insättas reglerbara motstånd uti ledningsnätet eller kopplas i ledningen till ackumulatorbatteriet en liten dynamomaskin i serie med hufvuddynamomaskinen och afsedd att åt laddningsströmmen gifva den nödvändiga högre spänningen. Dessa anordningar äro likväl i flera hänseenden bristfälliga och i följd däraf föga använda.

Det gifves nämligen ett tredje och bättre sätt att kombinera dynamomaskin, ackumulatorer samt ledningsnät, hvarigenom de alla tre kunna förmånligt samarbeta med hvarandra utan dylika extra åtgärder.

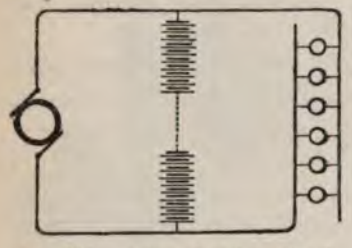


Fig. 293. Ackumulatorbatteri och lampor i parallelkoppling.

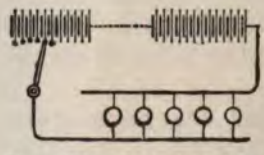


Fig. 294. Reglering af ett ackumulatorbatteris urladdningsspänning.

För att bättre tydliggöra denna anordning vilja vi först betrakta det enklare fallet, att ett ackumulatorbatteri ensamt matar ett ledningsnät. Ackumulatorbatteriet måste naturligtvis då bestå af så många element eller celler, att, när de särskilda cellernas volttal vid urladdningens slut sjunkit till sin undre gräns, likväl alla cellerna tillsammans kunna gifva den för nätet bestämda driftspänningen (jfr sid. 105). Vid urladdningens början skulle uppenbarligen hela batteriets sammanlagda spänning vara högre än driftspänningen, därest man då hade alla cellerna inkopplade. Man inkopplar därför endast så många, som erfordras för att erhålla den bestämda driftspänningen, och tillkopplar sedan, när spänningen efter hand sjunkit med ungefär 2 volt, ytterligare en af de celler, som från början icke medtagits utan behållits i reserv, hvarigenom spänningen stiger med något mer än 2 volt och alltså åter kommer upp till normal höjd. Sedan spänningen åter sjunkit omkring 2 volt, inkopplas ytterligare en cell, och så en tredje, fjärde o. s. v., tills slutligen alla cellerna inkopplats och man därmed kommit till urladdningens slut. Tillkopplingen kan ske genom att exempelvis förena dessa så kallade regleringscellers ena pol med skenorna i en kopplingsapparat och alltefter behof ställa apparatens kontaktarm på den ena efter den andra af dessa skenor (fig. 294).

På samma sätt kan man naturligtvis också i och för batteriets laddning kombinera detsamma med en dynamomaskin af konstant spänning. Tänker man sig en dynamomaskin vara inkopplad i stället för glödlamporna i fig. 294, så böra vid laddningens början batteriets alla celler vara tillkopplade, men i samma mån som batterispänningen växer under laddningens fortgång, urkopplas från batteriets ände den ena

cellen efter den andra, hvarigenom antalet under laddning stående celler minskas och följaktligen äfven den totala spänningen. Laddningsspänningen hålles sålunda i det hela taget konstant. Visserligen få de utkopplade cellerna mindre laddning än de öfriga, och detta i samma mån de befinna sig närmare batteriets ände, men af det ofvan sagda framgår, att de ock i samma mån tagas mindre i anspråk vid urladdningen.

En apparat, medelst hvilken man sålunda kan in- eller utkoppla ackumulatorceller, kallas vanligen *batteri-* eller *cellregulator* och i den form, som nyss blifvit antydd, *enkel batteri-* eller *cellregulator*.

Principen för en dylik regulator visas af fig. 295, och dess konstruktion är ganska enkel. Då kontaktarmens öfverförande från en cellpol till den nästa tydligen icke får afbryta strömledningen, måste den alltså redan ha kommit i beröring med den ena polen, innan den släpper den andra. Detta skulle emellertid medföra en kortslutning af den cell, hvarom fråga är, därest apparaten icke vore särskildt inrättad till förekommande af denna olägenhet.

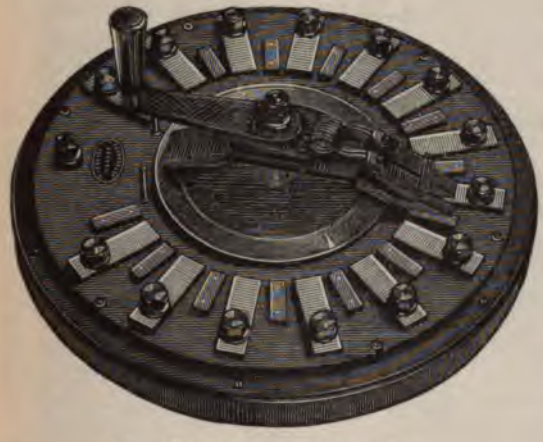


Fig. 295. Enkel batteriregulator.

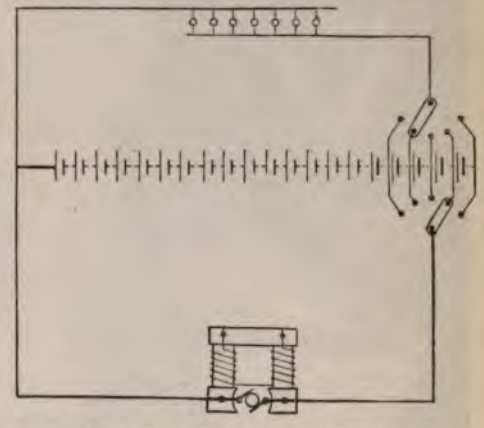


Fig. 296. Dubbel batteriregulator.

Regleringscellerna äro en efter annan förenade med de längre kontaktskenorna; de kortare skenorna hafva till ändamål att förhindra kortslutningen. Genom en något utsträckt tillämpning af den nu omtalade principen kan man på samma gång både ladda batteriet från dynamomaskinen och urladda det i ledningsnätet och således låta dynamomaskinen samtidigt mata lamporna med ström och magasinera den för tillfället obehöfliga strömmen i batteriet, med ett ord erhålla en kombinerad dynamo-ackumulatordrift.

För detta ändamål förenas med batteriet två regulatorer, den ena för laddning och den andra för urladdning. Genom att med båda dessa regulatorer inkoppla eller utkoppla celler kan man tydligtvis i hvartdera fallet åstadkomma den önskade spänningen (fig. 296). Den för lamporna afsedda strömmen kommer visserligen att genomgå en del celler och aflämna en del af sin energi till dessa celler, men de båda spänningarna äro dock helt och hållet oberoende af hvarandra.

Af kopplingsschemat i fig. 296 synes, att hvarje kontaktstycke i den ena regulatorn och likaledes hvarje kontaktstycke i den andra regulatorn förenas med cellernas

Fig. 298. Ackumulatorbatteri vid elektricitetsverket i Hull.

poler. Båda regulatorerna kunna därför lämpligen förenas i en apparat, dock så, att båda kontaktarmarna kunna skötas oberoende af hvarandra.

En dylik *dubbel batteriregulator* för mindre anläggningar afbildas i fig. 297. Kontaktarmarna äro rörliga koncentriskt öfver kontaktskenorna; den ena tjänar att föra laddningsströmmen till cellerna, den andra att släppa urladdningsströmmen ut i ledningsnätet.

Ett ackumulatorbatteri för ett större elektricitetsverk skiljer sig från ett sådant för en mindre anläggning egentligen endast genom cellernas betydligt större dimensioner och den häraf betingade förändrade uppställningen samt anordningarna för regleringen. Ett sådant stort batteri visar fig. 298.

De stora cellerna stå här i flera rader på särskilda låga träbänkar. Dylika stora celler hafva vanligen icke kärl af glas utan af lergods eller af trä och inuti beklädda med bly.

Förutom redan nämnda fördelar erbjuder användandet af ackumulatorer vid elektricitetsverk ytterligare en väsentlig vinst. I det föregående har visats, att åtminstone de mera betydande elektricitetsverken måste använda flerledarsystem, samt att

Fig. 297. Dubbel batteriregulator.

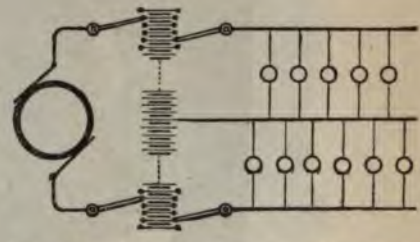


Fig. 299. Treledarsystem med ackumulatorbatteri och endast en dynamomaskin.

redan treledarsystemet fordrar två samtidigt arbetande dynamomaskiner. Men har man ett ackumulatorbatteri, kan treledarsystemet matas med ström från en enda dynamomaskin, och detta måste obestridligen anses som en betydlig vinst. En blick på ledningsschemat i fig. 299 är tillräcklig att tydliggöra en sådan anordning. Dynamon laddar här ett batteri med så många celler, att dess spänning motsvarar spänningen mellan de båda ytterledningarna. Neutralledningen uttages från batteriets midt. I stället för två efter hvarandra kopplade dynamomaskiner har man alltså två efter hvarandra kopplade batterier, med endast en laddningsdynamo gemensam för dem båda. Med denna anordning uppnås samma strömfördelningsresultat som genom anordningen i fig. 277 med tvenne dynamomaskiner. Vid Stockholms elektricitetsverk äro dynamomaskinerna kombinerade med ackumulatorbatteriet på det sätt, som angifves af fig. 299.

Fig. 300 och 301 visa framifrån och från baksidan en för ett större ackumulatorbatteri afsedd cellregulator.

I stället för denna cirkelformiga anordning af regulatorn användes numera nästan vanligare den mera bekväma och kompakta anordningen med kontaktstyckena förlagda i rät linie och kontaktarmen ombildad till en efter dessa kontaktstänger rörlig slid, försedd med kontaktborstar. Fig. 302 visar en på detta sätt beskaffad batteriregulator.

Elektricitetsverk för växelström. Så förträffligt likströmssystemet än är i fråga om ofarlighet och enkel funktionering, så är det likväl behäftadt med den väsentliga bristen, att endast ett jämförelsevis inskränkt område kan på detta sätt belysas. Med tvåledarsystem kunna, på grund af de ökade anläggningskostnaderna, ledningar knappast sträckas längre än 500 m. från elektricitetsverket; med treledarsystem kan man hinna upp till 1,200 m. och med femledarsystem till 1,500—2,000 m. Sistnämnda radie är visserligen tillräcklig äfven för större städer, men med

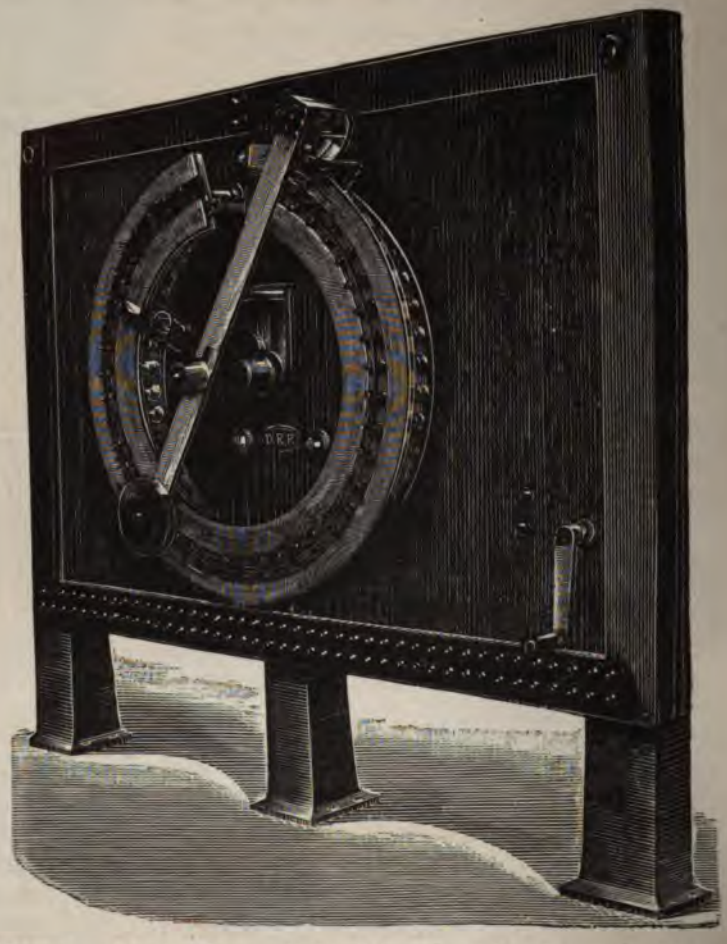


Fig. 300. Större batteriregulator, sedd framifrån, från »Ackumulatoren-Akt.-Ges.» i Hagen.

ökadt antal ledningar blir också hela verket mera kompliceradt, och det kan på goda skäl ifrågasättas, huruvida det verkligen är fördelaktigt att sträcka flerledarsystemet längre än till tretalet.

Äfven en annan olägenhet eller svårighet gör sig märkbar vid likströmsverken med direkt strömfördelning. De måste vara förlagda möjligast midt i belysningsområdet, och detta orsakar i vanliga fall en betydligt ökad anläggningskostnad samt dyrbara transporter för kol m. m. Grannarne äro också vanligen mera kinkiga och känsliga för de olägenheter, som kunna föranledas genom buller, rök och sot.

Fig. 301. Vidstående regulator, sedd bakifrån.

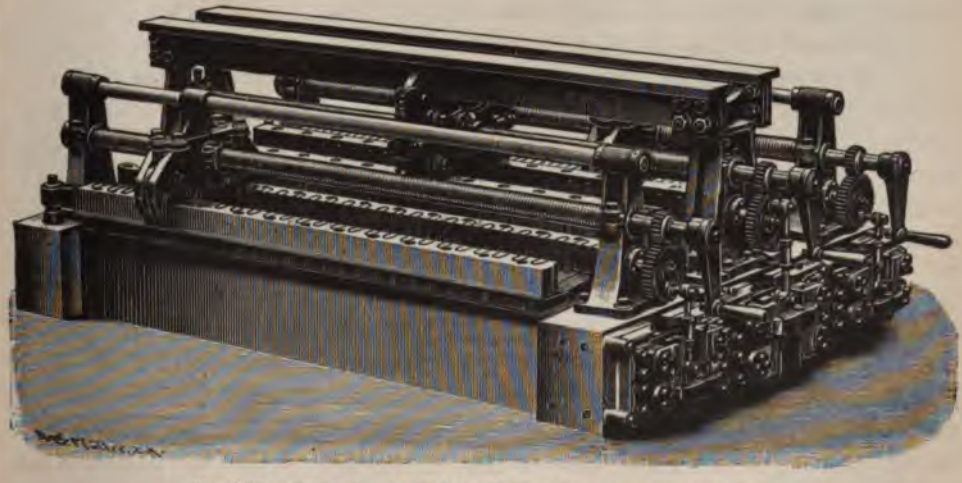


Fig. 302. Batteriregulator från Schuckert & C:o i Nürnberg.

Obestridligt fördelaktigare vore därför ett belysningssystem, hvars elektricitetsverk icke vore så beroende af förläggningen inom belysningsområdet utan kunde utan olägenhet anläggas på större afstånd från förbrukningsplatsen, på billigare byggnadsmark och med lätta och bekväma kommunikationer. Dessa fördelar kan endast högspänningssystemet erbjuda; men då vid en sådan anläggning strömmen icke kan direkt tillgodogöras af konsumenten, måste den *transformeras*. Likströmstransformatorerna äro ännu utan vidare praktisk betydelse, och därför återstår endast *växelströmsystemet*.

För närvarande finnes i vårt land endast ett fåtal anläggningar för belysning medelst växelström och transformering, men på senare tiden hafva alltflera förslag i denna riktning framkommit, sedan man omsider börjat få förtroende till den elektriska kraftöfverföringen.

De äldsta försöken med växelström för belysning anställdes i Stockholm redan år 1887. Med anledning af den just då på dagordningen stående frågan om en elektrisk belysningsstation i hufvudstaden anlade gasverksstyrelsen i december månad nämnda år, för att vinna någon erfarenhet om växelströms användbarhet, en mindre försöksstation vid gasverket med växelströmdynamo och transformatorer från Ganz & C:ie enligt Zipernowski-Déris system (sid. 84, 85). Både glödlampor och båglampor matades från denna station, som hölls i verksamhet till våren 1888 och funktionerade till belåtenhet. Maskineriet användes sedan för en privat centralstation på annat ställe inom Stockholm, hvilken dock efter någon tid upphörde.

Några år senare anlades stationer för belysning medelst transformerad växelström i *Bollnäs* och *Motala* samt *Gäfle*, hvartill på sista tiden kommit den redan i det föregående omtalade stationen i *Östersund*. På förstnämnda ställe är generatorstationen belägen vid Ljusne älf på mer än 1,000 m. afstånd från belysningsområdet. Transformatorerna äro så väl i Bollnäs som i Motala uppsatta på höga stolpar.

Vid anläggningen i *Gäfle* är generatorstationen belägen ungefär 6 km. från staden, vid Hagaströms tegelbruk, där Gäfleån lämnar den för dynamomaskinernas drifvande erforderliga kraften. Dessa äro växelströmmaskiner enligt Zipernowskis system (jfr. sid. 69, 70) med roterande magneter inuti en fast armaturring. Primärströmmen afläm̃nas således från fasta klämmor utan glidkontakter. Den genererade strömmen har en spänning af 2,000 volt och ledes fram till Gäfle medelst blanka kopparledningar, hvilande på höga, grofva stolpar, uppsatta långs Gäfle-Dala järnväg. Inom själfva staden användas för primärströmmen underjordiska s. k. koncentriska kablar. Transformatorerna äro uppsatta i särskildt för ändamålet murade kamrar. Från dessa apparater ledes strömmen, nu med vanlig glödlampspänning, genom isolerade luftledningar till konsumenterna. Anläggningen är ursprungligen afsedd för 1,200 glödlampor af 16 normalljus men är nu under ombyggnad till en ej oväsentligt ökad kapacitet.

Såsom redan förut omnämnts, drifves den inom kort färdiga belysningsanläggningen i *Östersund* äfven med vattenkraft från den omkring 20 km. aflägsna Hissmoforsen i Indalsälfven. Tvenne turbiner, hvardera om 135 hästkrafter, äro där uppsatta, drifvande motsvarande växelströmmaskiner, hvilka lämna ström med volts spänning. Genom transformering på generatorstationen omvandlas spänni till 10,000 volt, och strömmen ledes medelst blanka koppartrådar till stadens gr där en nedtransformering sker till 2,000 volt. Härifrån föres den vidare in i sta

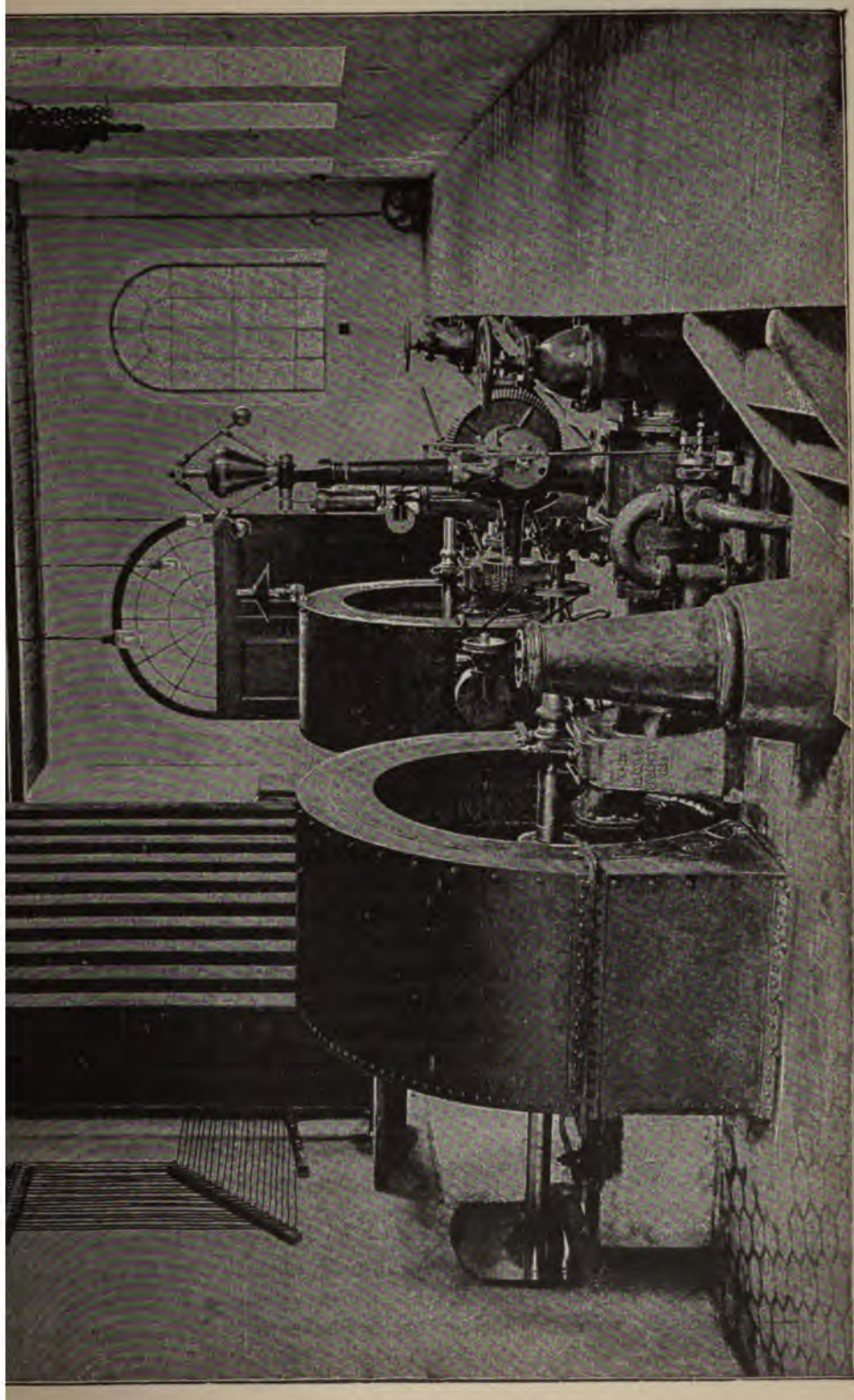


Fig. 303. Elektricitetsverket i Innsbruck.

i underjordiska koncentriska kablar till åtskilliga andra transformatorer, uppställda i särskilda små kiosker å gatorna och från hvilka ett luftledningsnät utgrenas enligt tretrådssystemet med 2,110 volts spänning. Anläggningen är beräknad för 2,000 samtidigt brinnande 16-normalljusglödlampor och utföres af *Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget i Västerås.*

Bland anmärkningsvärdare stationer för växelström i utlandet må nämnas de i *Wien* och *Amsterdam*, vid hvilka båda anläggningar generatorstationen är belägen på jämförelsevis långt afstånd från belysningsområdet, i Wien nära 4 kilometer och i Amsterdam ännu längre bort (Pl. IV).

Möjligheten att förlägga generatorstationen utanför själfva belysningsområdet blir i synnerhet af betydelse, när vattenkraft finnes att tillgå på icke alltför stort afstånd. De nyss omtalade svenska belysningsanläggningarna äro exempel därpå. Detsamma är förhållandet t. ex. med elektricitetsverket i *Kassel* i Tyskland och anläggningarna för att tillgodogöra vattenkraften vid Tivolifallen för elektrisk belysning af *Rom*. Af rätt stort intresse är belysningsanläggningen i *Innsbruck* i Tyrolen, hvartill drifkraften erhålles från ett vattenfall om cirka 60 hästkrafter, beläget på ungefär 3 km. afstånd från staden. Vattnet inledes under ett tryck, motsvarande ej mindre än $11^1/_2$ atmosfärer, i tvenne vertikala partialturbiner (fig. 303), hvar och en utvecklande en effekt af 160 hästkrafter och drifvande hvar sin direkt kopplade växelströmmaskin. Centralstationen är ursprungligen beräknad för en kapacitet af omkring 1,300 samtidigt brinnande 16-ljuslampor. Högspänningsströmmen ledes från elektricitetsverket medelst luftledningar till stadens gräns och fördelas därifrån, på samma sätt som vid de ofvan omtalade svenska belysningsanläggningarna, genom koncentriska underjordskablar till olika delar af staden.

Utom vattenfallen förtjäna äfven kolgrufvorna att omnämnas såsom ganska viktiga kraftkällor, vanligen också belägna på stort afstånd från kolens förbrukningsorter. Visserligen är det ingen svårighet att dit transportera kolen, men det kan dock med skäl ifrågasättas, huruvida det icke kunde vara förmånligare att på stället omvandla kolets energi till elektrisk och i denna form transportera den till afnämarne. Detta är för närvarande en öppen fråga, hvars besvarande nära sammanhänger med den elektriska kraftöfverföringsteknikens fortgående utveckling.

Maskineriet till ett växelströmverk liknar i det stora hela ett elektricitetsverk för likriktad ström. Vi hafva redan på plansch I lämnat en bild af de stora ång-växelströmmaskinerna för staden *Kölns* elektricitetsverk. Såsom af bilden synes, sitta de strömalstrande spolarna på en yttre ring, hvarinom de radiellt anbragta elektromagneterna rotera. På maskinens axel sitter också ankaret till en likströmsmaskin, som matar elektromagneterna. Till närmare belysning af huru ett växelströmverk i öfrigt är inrättadt, skola vi här lämna en kort beskrifning af det af Ganz & C:ie i Rom anlagda växelströmverket, tillhörigt »*Società Anglo-Romana per l'illuminazione di Roma col gaz*».

Denna anläggning sattes i gång 1886 och hade då två ång-växelströmmaskiner, hvilka kunde mata omkrig 3,000 lampor. Sedermera tillkommo ytterligare två stora växelströmmaskiner, hvardera för 6,000 glödlampor, och för någon tid sedan ytterligare två dylika maskiner, så att anläggningen nu är tillräcklig för mer än 24,000 samtidigt brinnande lampor. Verket ligger utanför staden nära Tibern och ej långt ifrån Circus Maximus, ett egendomligt grannskap för en så modern anläggning. Då man under sådana förhållanden icke behöft ängsligt hushålla med utrymmet, har man ej

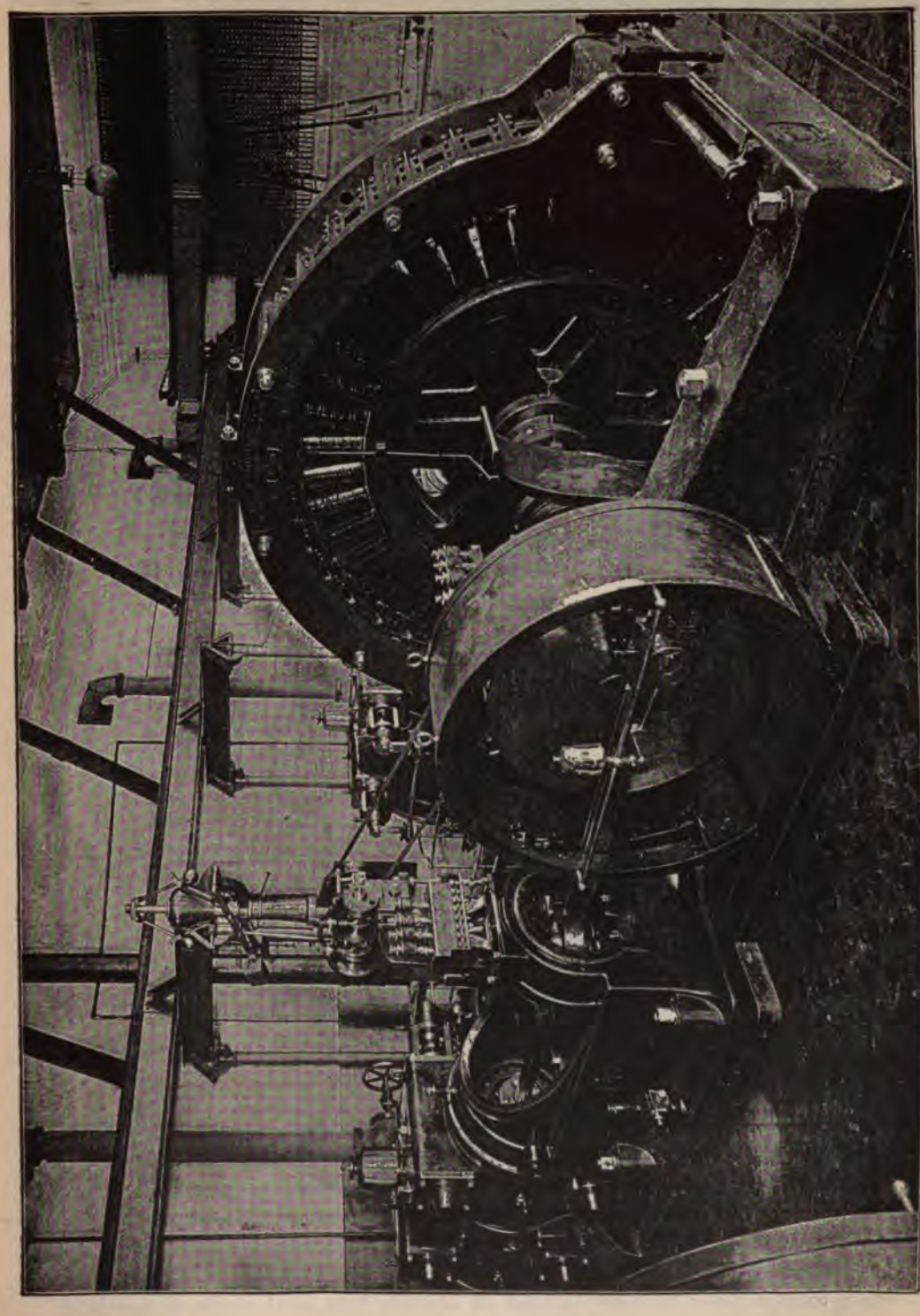


Fig. 304. Ång-växelströmmaskin för elektricitetsverket i Rom.

heller behöft förlägga olika afdelningar öfver hvarandra, såsom på en del andra ställen (exempelvis i New-York och Berlin) utan kunnat bekvämt anordna dem bredvid hvarandra, såsom framgår af planritningen å plansch V. Därigenom blir naturligtvis verkets öfvervakande och skötande ej obetydligt underlättadt.

Hvar och en af de stora växelströmmaskinerna, å planritningen betecknad med

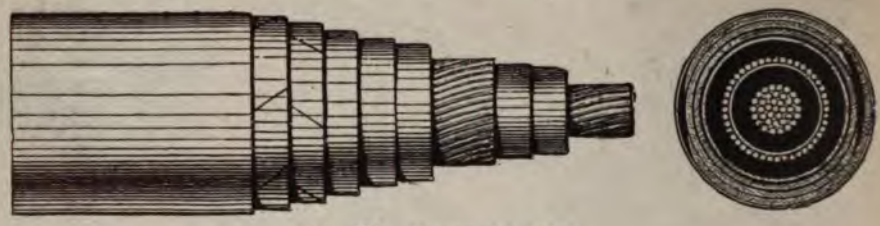


Fig. 305. Koncentrisk kabel.

Fig. 306. Förbindningslåda för koncentriska kablar.

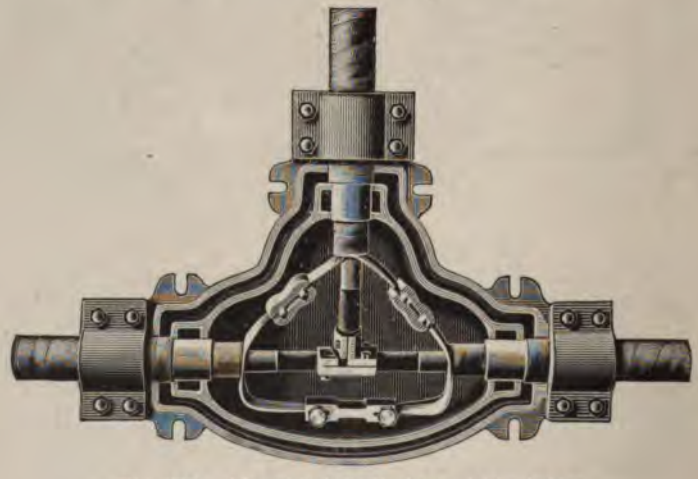


Fig. 307. Afgreningslåda för koncentriska kablar.

A, drifves af en direkt kopplad ångmaskin om 500 hästkrafter (fig. 304). Samtliga växelströmmaskinerna äro kopplade parallelt med hvarandra, hvilket tillförene vid växelströmmaskiner icke med säkerhet lät sig göra; äfven de mindre växelströmmaskinerna gå sammankopplade med de stora trots deras olikhet i konstruktion och antal hvarf, nämligen 125 för de stora och 250 för de mindre i minuten.

Strömmen utledes från stationen till staden genom tre kablar. Hade icke särskilda omständigheter gjort det lämpligt att använda detta antal, skulle en enda kabel

nog för att fortleda hela den elektriska kraften. Dessa kablar innesluta både och återledningar och äro »koncentriska», d. v. s. sådana, vid hvilka den med ad klädnad försedda, centrala kärnan bildar den ena ledningen, under det den andra är förlagd koncentriskt däromkring (fig. 305). Utomkring andra ledningen finnes äfven ett isoleringslager, och det hela inneslutes i en l blymantel, på förut antydt sätt omflätad med väf och järnband eller -tråd. tvis måste isolationen mellan de båda ledningsgrupperna vara mycket god, då

Fig. 308. Transformatorpelare i Marienbad.

ningen mellan båda ledningarna alltid är ganska hög; kabelstyckenas hopskarfning e ske med ytterlig omsorg och med största hänsyn till deras koncentriska anord- och de olika ledningarnas fullständiga skiljande från hvarandra. För detta ända- införas kabeländarna vanligen i särskilda kopplingslådor eller -muffar och tätas å de ställen, där de ingå i lådan. Själfva ändarna blottas till en del (fig. 306, , de inre ledningarna förbindas för sig och de yttre för sig genom skruf- mor, hvarefter till yttermera tryggande af ledningarnas särskiljande och isolering muffen fylles med en isolerande gjutmassa.

Att man vid detta elektricitetsverk använder tre kablar beror dels på svårigheten att tillverka koncentriska kablar med större genomskärningsytor och dels däraf, att man i händelse af kortslutning inom någon af kablarna velat förekomma strömtillförselns afbrytande i dess helhet. De tre kablarna utgå från en på kopplingstaflan befintlig gemensam ledning, som står i förbindelse med de parallelkopplade växelströmmaskinerna. Transformatorerna äro uppställda på särskildt därför apterade platser i källrar och andra liknande rum.

En ganska praktisk anordning af transformatorkamrarna finnes i *Marienbad*. Man har nämligen på gatorna uppbyggt särskilda höga pelare såsom fotställningar för ledningsstolparna och hvilkas utsida användes för annonser, så att man på detta sätt dragit dubbel nytta af transformatorhusen och äfven fått dem att passa in med omgifningen. Fig. 308 visar en sådan transformatorpelare.

Såsom redan i det föregående omtalats, har ett dylikt system med särskilda pelare eller kiosker på gatorna för transformatorerna kommit till utförande äfven i vårt land, i Östersund.

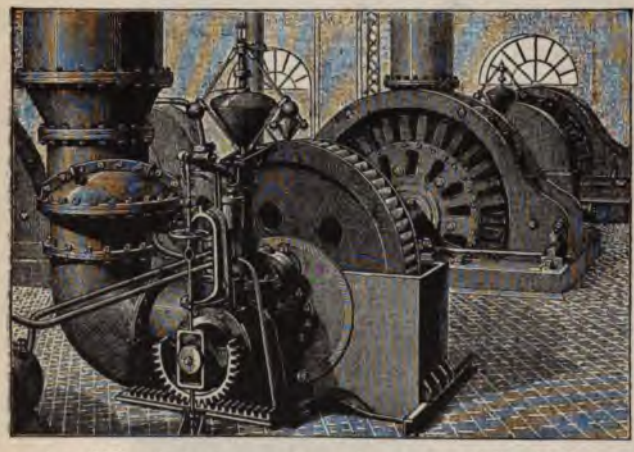


Fig. 309. Turbindynamo för anläggningen vid Tivolifallen.

Till slut skola vi nämna några ord om ännu en anläggning, vid hvilken det är fråga om att tillgodogöra vattenkraft för belysning af ett större stadsområde och om energiens öfverförande till ganska betydligt afstånd. Vi mena den *nya* belysningsanläggningen för staden *Rom*, hvartill drifkraften tages från *Tivolifallen*, belägna på ungefär 26 km. afstånd från staden. Det under ett tryck af nära fem atmosfärer stående pressvattnet drifver sex turbiner, hvardera om 330 hästkrafter och hvilka parvis äro kopplade till tre växelströmmaskiner, hvar och en genererande en elektrisk ström af 42 ampères strömstyrka och 5,100 volts spänning. De tre växelströmmaskinerna arbeta parallelt på den gemensamma ledningen. Denna maskinkombination af två turbiner med sin gemensamma växelströmmaskin visas af fig. 309.

Ledningarna äro förda ofvan jord och uppbäras af järnstolpar, sammansatta af tvenne hopnitade T-formiga stänger och stående på murade grundpelare. Dessa stolpar uppbära fyra kopparledningar, hvar och en med 2,6 mm. diameter, äfvensom tvenne siliciumbronstrådar för telegraf- och telefonledningar. Förlusten i ledningarna uppgår till 20 %, så att de 5,000 volt, hvarmed strömmen utgår, i Rom vid Porta Pia hafva sjunkit till 4,000 volt. Här bringas spänningen genom transformering ned till 2,000 volt, med hvilken spänning strömmen sprides till de flerstädes i staden uppsatta lågspänningstransformatorerna, från hvilka de smärre förbrukningsnäten matas.

Dessa exempel från europeiska anläggningar skulle kunna ökas med dussintal från Amerika. Där hafva redan ett ganska stort antal vattenfall tagits i tjänst för

elektrisk belysning, hvilket för amerikanerna visserligen ställer sig desto lättare, som de förstå sig på att väsentligen nedbringa anläggningskostnaderna, ehuru ofta till men för varaktigheten och säkerheten. Detta raskare framåtgående i Amerika har dock i alla händelser det goda med sig, att erfarenheten ökas och företagsamheten sporras äfven annorstädes.

C. Belysningsanordningar för särskilda ändamål.

Det elektriska ljuset användes ofta för åtskilliga speciella ändamål, hvilka föranleda en del ändringar uti de ofvan beskrifna allmänna belysningsanordningarna eller behofvet af särskilda hjälpinrättningar, afpassade för det ifrågavarande ändamålet. Vi kunna visserligen icke här inlåta oss på en beskrifning af alla sådana olikartade användningssätt af det elektriska ljuset; dessa äro redan ganska talrika, och deras antal växer ständigt. Men vi skola dock söka att i korthet framställa de hufvudsakliga företeelserna på detta område och göra då början med de anläggningar, vid hvilka man måste delvis omgestalta den vanliga anordningen, och komma sedan till några andra mera afvikande användningssätt.

Elektrisk teaterbelysning. Den elektriska belysningen har i synnerhet två fördelar, hvilka vid många tillfällen äro af värde, nämligen att bereda större trygghet mot eldfara och att icke nämnvärdt uppvärma luften eller fördärfva den genom uppblandning med förbränningsprodukter. Dessa fördelar äro af mycket stor betydelse särskildt vid teaterbelysning. Man finner också, att den ena teatern efter den andra öfvergår till elektrisk belysning, och antalet af på detta sätt upplysta scener utgör redan nu en ganska respektabel siffra. Som bekant är, skall äfven det nya operahuset i Stockholm fullständigt upplysas med elektriska glödlampor och båglampor. Man torde med skäl kunna påstå, att impulsen till teatrarnas förkärlek för det elektriska ljuset har, åtminstone i Europa, gifvits genom den elektriska utställningen i München. Ty på denna utställning hade dåvarande tyska Edisonbolaget eller det nuvarande »Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft» anordnat en elektriskt belyst försöksteater och förevisade den för ett större antal till ett möte samlade teaterdirektörer, hvilka samstämmigt uttalade sig för användande af detta belysningssätt. Hade fackmännen förut hyst vissa betänkligheter i afseende på möjligheten att lämpa det elektriska ljuset efter scenens fordringar, så funno de nu med förvåning, att det icke endast kunde åstadkomma samma ljusverkningar som gasbelysningen utan att det långt öfverträffade densamma i fråga om ljuseffekter och lätthet att anpassas efter olika förhållanden.

En scenbelysning skiljer sig från annan belysning väsentligen därigenom, att den måste medgifva ganska starka *växlingar* i styrka, färg och riktning, och dessa växlingar måste kunna åstadkommas för hvilken lampgrupp som helst eller för ett antal lampgrupper efter behag. Just i detta hänseende visar sig det elektriska ljuset synnerligen handterligt, och det nöjer sig med jämförelsevis enkla inrättningar för dessa variationers utförande. Vid användande af likström åstadkommas de helt enkelt genom inkoppling af motstånd, som minska strömstyrkan och komma lampornas ljusstyrka att småningom aftaga, ända tills de slockna. För att möjliggöra denna ljus-

växling med olika lampgrupper alltefter behag bilda dessa grupper särskilda ledningsgrenar med hvar sitt variabla motstånd. Förändringar af ljusets färg kunna ske på tvenne olika sätt. Antingen har man en mekanism, som vid hvarje lampa framskjuter eller undanför ett färgadt glas, eller ock i stället för en sådan lampa tre glasballonger, en hvit, en röd och en grön, och man påsläpper strömmen till den ena eller andra af dem alltefter den ljusfärg man önskar. Naturligtvis måste man i sådant fall hafva tre ledningar, en för hvarje färggrupp (återledningen kan vara gemensam för alla lamporna), och minst två föränderliga motstånd för hvarje sådan grupp. Detta oaktadt föredrages sistnämnda anordning, emedan ljusväxlingarna då kunna verkställas från ett och samma centralställe på rent elektrisk väg, utan några mekaniska anordningar, hvilka, om lampantalet är betydligt, kunna blifva ganska kinkiga att åstadkomma och att med full säkerhet alltid hålla i tjänstbart skick.

För utförande af dessa olika ljusväxlingar uppställer man en s. k. *scenbelysningsregulator* på passande plats nära intill scenen, så att man därifrån kan öfverse densamma. Den utgöres af ett antal kontaktarmar och ratthjul, genom hvilkas vridande på olika sätt lampornas eller lampgruppernas färg och ljusstyrka kan varieras. Hvarje grupp har åtminstone två reglerbara motstånd, så att man kan låta den ena färgen småningom försvinna, medan den andra småningom tilltager. Därjämte finnes en omkopplingsinrättning, hvarigenom man kan sätta hvilket par som helst af gruppens trenne färger i förbindelse med regleringsmotstånden. Ofta behöfver man på en gång kunna ändra belysningen från flera lampgrupper. För detta ändamål finnes därför jämväl en inrättning, hvarigenom gruppernas regleringsarmar eller -ratthjul kunna sammankopplas och vridas samtidigt. Slutligen måste man också hafva det så tillställdt, att olika grupper antingen kunna ögonblickligen släckas eller tändas hvar för sig eller flera tillsammans.

Motståndsspiralerna äro vanligen på ett eldsäkert sätt anbragta under själfva scenregulatorn, och från dem gå de talrika ledningarna till lamporna och till kontaktstyckena på regulatorns manövreringsbord.

Förutom de lampor, som tillhöra den fasta belysningen, behöfver en teaterscen också ett antal flyttbara lampor att anbringas på olika ställen; för detta ändamål finnas i golfvet och å andra ställen kontaktanordningar, hvari lampor af olika slag kunna inkopplas för den mest varierande belysning. Den elektriska belysningen kan i detta hänseende vida bättre och lättare än andra belysningsmedel lämpas efter omständigheterna, ty ledningarna för den elektriska strömmen kunna utan svårighet föras till hvilken plats som helst och dessutom själfva lyskropparna användas under förhållanden, som vore fullkomligt omöjliga med hvarje annat lyse.

Det elektriska ljuset kan äfven med lätthet begagnas för de särskilda effektbelysningar och andra ljusverkningar, som ofta fordras på själfva scenen. Redan i det föregående ha vi gjort bekanskap med reflektorn (jfr fig. 155), som användes att koncentrera belysningen af balettgrupper och annat sådant och hvilken för tjugu år sedan utgjorde nästan den enda representanten för det elektriska ljusets användning på teaterscenen. Med hjälp af de å scenen öfverallt lätt tillgängliga eller lätt anbragta elektriska ledningarna kan man nu begagna denna apparat i vida större utsträckning än förut. Äfven solen och månen framställas med elektriska lampor; fig. 310 visar, huru en dylik teatermåne kan vara inrättad. Likaledes kan man medelst det elektriska ljusets strålar å scenen åstadkomma regnbågen och blixten. Det förra sker genom att låta ett ljusknippe passera genom ett glasprisma, som uppdelar ljuset

i sina spektralfärger. För att efterlikna blixten begagnar man en glasskifva, belagd med ogenomskinlig färg, hvilken emellertid är bortskrapad i sicksackvägar, som föreställa åskviggarna. Genom denna skifva kastas för ett ögonblick ett kraftigt elektriskt ljus mot någon lämplig fond och ger då en illusorisk bild af blixten. Genom användande af flera skifvor med olika formade blixtvägar, och hvilka lätt kunna utbytas, kan man erhålla en serie olika formade blixtar i snabb följd efter hvarandra.

Några exempel på den elektriska strömmens användbarhet för *öfverraskande teatereffekter* må ytterligare anföras. I Gounods opera »Faust» hafva Valentin och Faust i den bekanta fäktscenen sina värjor förenade med hvar sin pol till en kraftig elektricitetsapparat, hvilket naturligtvis har till följd, att så ofta vapnen komma i beröring med hvarandra, elektriska gnistor och flammor framspruta, hvarigenom denna scen gör ett desto hemskare intryck. Wagners operor hafva erbjudit ett tacksamt fält för dylika effektscener. Så förenar man på enahanda sätt hammaren, hvarmed

Fig. 310. Elektrisk teatermåne.

Siegfried smider svärdet, och städet med hvar sin pol till en elektrisk apparat, och för hvarje gång hammaren då träffar städet, spruta eld och gnistor omkring. En annan ofta förekommande effektfull användning af det elektriska ljuset är i balletter, då små elektriska glödlampor fästas i dansösernas hår eller på deras kläder. I detta fall låter det sig i allmänhet icke göra att till ledning begagna vanliga böjliga strömledningstrådar, utan hvarje dansös har, dold i kläderna, en liten ackumulator, som matar lamporna. Att vargklyftans spökdjur i »Friskytten» hafva det elektriska ljuset att tacka för sina hemskt gnistrande ögon behöfver knappast nämnas. Ganska vackert och egendomligt är det någon gång på scenen förekommande framställandet af lysmaskens ljus medelst små elektriska glödlampor, som man genom raska omkopplingar låter lysa än här än där på scenlandskapets mark.

Det nu anförda må vara nog för att visa, att den elektriska strömmen har den mångsidigaste användning för teaterscenen och erbjuder teaterns maskinmästare den rikligaste mångfald af utvägar att åstadkomma effektfulla kombinationer, hvilka svårligen skulle kunna utföras på annat sätt.

Beträffande den del af teaterbelysningen, som icke afser scenen, företer densamma inga särskilda egendomligheter, om icke den, att den elektriska belysningen i hela byggnaden kan regleras från en central plats, så att full eller minskad belysning kan åstadkommas hvar som helst inom ett ögonblick. Några ord böra också nämnas om reservbelysningen. Denna måste vara inrättad så, att den kan göra tjänst alldeles oberoende af den ordinarie belysningen. För detta ändamål har man understundom en liten alldeles afskild ackumulatoranläggning, som matar reservbelysningens lampor. I vårt land begagnas på teatrar och andra offentliga lokaler med belysning från en centralanstalt, vare sig för gas eller för elektrisk ström, till reservbelysning i allmänhet stearinljus, uppsatta på lämpliga platser, såsom t. ex. nära utgångarna, och brinnande redan från föreställningens början.

Då, jämte pålitlig belysning, största möjliga trygghet mot eldfara oeftergifligen fordras vid sådana inrättningar, bör ledningsmaterielen vara af allra bästa slag, väl isolerad och med rikligt beräknade dimensioner. Ledningarna hafva hittills vanligen lagts i trälister, men denna metod försvårar upptäckandet af fel och brandställen. Man lägger därför numera, både i teatrar och annorstädes, ledningarna hellre alldeles fria, fästa på porslinsknappar, så att de lätt kunna öfverses och felaktigheter genast upptäckas. Att man, i trots af den elektriska belysningens stora företräden framför andra belysningsmedel i fråga om trygghet mot eldfara, likväl måste iakttaga den största försiktighet och ej genom ovis sparsamhet hindra utförandet af försiktighetsmått, som kunna förefalla småaktiga, det visar en och annan olyckshändelse, som inträffat på teatrar. På en teater i Berlin råkade en dansös att med sin med glitterguld rikt besatta kostym för ett ögonblick komma för nära en obetäckt kontaktmekanism. Olyckan ville, att ett sådant litet stycke metalltråd kom in i apparaten och kortslöt strömmen, så att tråden genast blef glödande och antände dansösens kostym. I följd häraf omändrades samtliga kontaktsanordningar, så att en dylik händelse icke vidare kunde upprepas. Ett likartadt fall har inträffat äfven på en annan teater.

Elektrisk belysning å fartyg. Ombord å fartyg har man samma behof af en säker och pålitlig belysning som inom en teater, och därtill kommer önskvärdheten att kunna drifva hela belysningen från ett centralställe och undvika en mängd eljest oundvikliga spridda ljuskällor. Detta kan förklara, hvarför den allra första elektriska belysningsanläggningen kom till utförande på ett fartyg (jfr sid. 158). På segelfartyg är visserligen detta belysningssätt tills vidare ett oupphinneligt önskemål, men på ångfartyg möter dess användande inga afsevärda svårigheter. Den ökade förbrukningen af kol och ånga är på de nutida stora ångskeppen utan betydelse i jämförelse med de stora mängder däraf, som åtgå till drifkraft och hvarjehanda maskiner ombord. En stor oceanångare förbrukar vanligen på resan till Amerika för c:a 45,000 kronor stenkol. En fråga af vida större betydelse är däremot den angående utrymmet, ty detta är dyrt, och hvarje plats måste på bästa sätt nyttigt användas.

Elektroteknikern måste därför på alla upptänkliga sätt inskränka det utrymme, som det elektriska maskineriet kan behöfva. För detta ändamål använder han här hastigt gående ångmaskiner och helst en därmed direkt kopplad dynamomaskin.

Ledningsnätet måste utföras med den största omsorg och af de bästa materialier. Ofta användas blykablar, skyddade genom trälister (se sid. 190). Där ledningarna måste föras genom de vattentäta skotten, användas ett slags packningsdosor eller andra omsorgsfullt tätande inrättningar.

För belysningen ombord användas företrädesvis glödlampor. Bågljuset ägnar sig visserligen förträffligt till däcksbelysning, men det har den väsentliga olägenheten att blända de vakthafvande på andra mötande fartyg. Därför måste bågljusbelysningen å fartyg begagnas med mycken urskillning. Emellertid kan bågljuset med stor fördel användas, då fartyget ligger stilla, och särskildt vid lastning, lossning, kolning eller dylika arbeten. Under däck användas nästan uteslutande glödlampor, med undantag måhända af några båglampor i salongen.

Rätt ofta begagnas det elektriska ljuset äfven uti signallyktorna, och i allmänhet för optiska signaländamål nattetid, särskildt på krigsfartyg. Apparaterna kunna inrättas på olika sätt men bestå hufvudsakligen af ett antal glödlampor, anbragta i en ställning, som kan upphissas på en signalmast, och hvilkas ledningar äro förenade uti en på däcket stående omkopplingsapparat, så att man kan efter behag tända eller släcka en viss lampa eller lampgrupp. Man har också försökt använda bågljuset för ett slags nattlig signalering. Om nämligen ett starkt koncentreradt strålknippe riktas uppåt mot natthimmeln, så kan man på ganska långt afstånd däråt iakttaga det skarpt begränsade ljusskenet. Genom att för kortare eller längre stunder med skymmande skärmar afklippa ljusstrålarna kan man af dessa ljustecken sammansätta ett slags Morsealfabet och på detta sätt sända telegram flera mil bort.

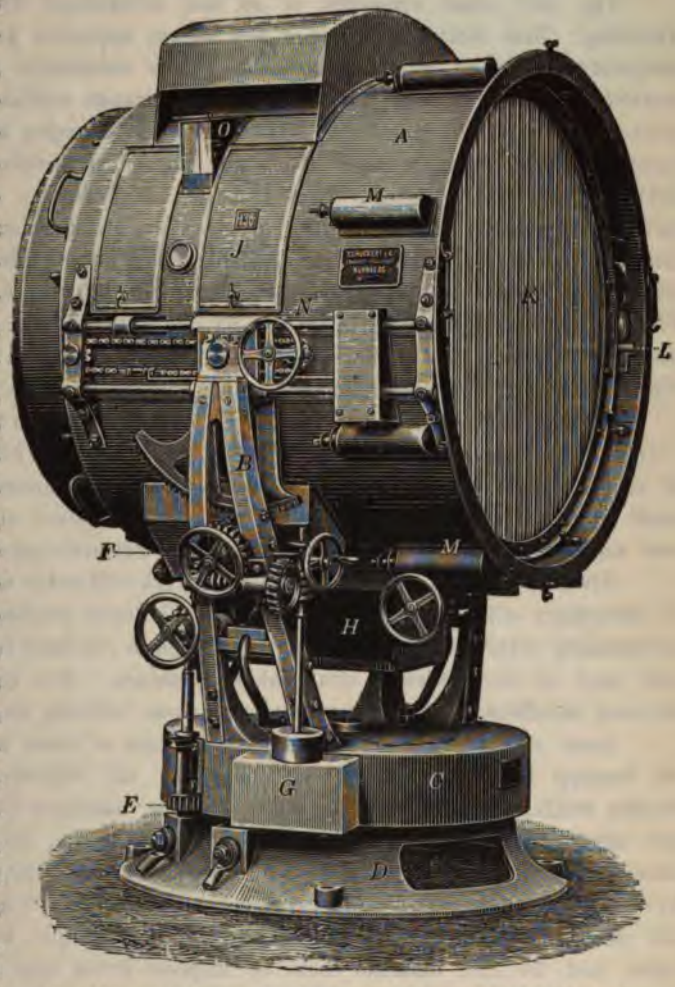


Fig. 311. Strålkastare för fartyg, från firman Schuckert & C:o.

En ytterligare och synnerligen viktig användning af det elektriska ljuset å fartyg förete de i synnerhet å krigsfartyg begagnade *strålkastarna* till belysning af stränderna och upptäckande af fientliga fartyg eller framsmygande torpedbåtar. En sådan strålkastare består i hufvudsak af en kraftig båglampa, hvars ljusstrålar genom en konkav spegel och linser koncentreras till ett ytterst ljusstarkt strålknippe,

som är i stånd att upplysa vattnet flera kilometer framåt, så att man kan upptäcka hvad som försiggår å detsamma eller å stranden.

Strålkastare användes för första gången å fartyg under det amerikanska inbördeskriget. Då hade man visserligen inga andra strömkällor än galvaniska batterier att tillgå, men genom uppfinningen af de nyare elektriska maskinerna har användningen af strålkastare naturligtvis högst väsentligt underlättats och efter hand blifvit så allmän, att hvarje större krigsskepp numera är utrustadt med en eller flera sådana apparater.

Fig. 311 visar utseendet af en stor strålkastare från Schuckert & C:o i Nürnberg. Den elektriska delen af alla sådana apparater är jämförelsevis enkel, ty kolspetsarnas rörelse åstadkommes icke genom automatisk regulator utan för hand medelst ett litet ratthjul, som å den ifrågavarande strålkastaren synes strax invid bokstafven *H*. Dess kolstänger ligga horisontalt i axelns längdriktning och så, att ljusbågen bildas i brännpunkten af en stor, parabolisk metallspegel, hvilken återkastar strålarna, inbördes parallela, fram mot den i plåthusets motsatta ände befintliga spridningsapparaten. Denna består af två stora glasskärmar, inbördes parallela och sammansatta af ett antal långsmala, plankonvexa linser, stående intill hvarandra så, att de bilda liksom tvenne spjälväggar, hvaraf den yttersta *K* tydligt synes å bilden. Vi skola emellertid här icke inlåta oss på den optiska delen af apparatens konstruktion och verkan. De i bilden synliga mekanismerna tjäna till apparatens vridning och inställning samt ljusets bländande eller undanskymmande.

Förutom den nämnde tyske fabrikanten har äfven firman Sautter, Lemonnier & C:ie i Paris (numera Sautter, Harlé & C:ie) vunnit stort erkännande för tillverkning af sådana apparater. Denna firma använder sfärisk brännspegel af tjockt kronglas, snedt ställda kolstänger samt en enkel s. k. spridningsport af analog sammansättning med den nyss beskrifna och hvilken inskränker strålspridningen till endast horisontalled.

Äfven den kända firman Siemens & Halske tillverkar sådana ljusapparater, dock af väsentligen olika konstruktion. Båglampan i denna strålkastare är självreglerande, i hufvudsaklig öfverensstämmelse med firmans förut omtalade lampkonstruktion, och försedd med en liten reflektor strax bakom ljusbågen. Men ljusstrålarnas samling och brytning åstadkommes här af en framom lampan befintlig stor Fresnels linsapparat.

Inom svenska flottan användas strålkastare af dessa tre typer. För att gifva ett begrepp om deras storlek och ljusstyrka må följande uppgifter anföras. De franska strålkastarna finnas i tre olika storlekar, nämligen 30, 40, 60 cm. diameter, äro afsedda för 20, 40, 60—80 ampères strömstyrka, hafva en bränntid af 3—5 timmar och en ljusstyrka af resp. 3,000, 6,500, 13,000—20,000 normalljus. Schuckert-apparaten har 60 cm. diameter och bränner med 75 ampères strömstyrka sina kol på 4 timmar med en ljusstyrka af 18,000 normalljus, hvaremot Siemens-apparaten med 50 cm. diameter och 40 ampères ström samt lika lång bränntid lyser med blott 5,000 normalljus' styrka.

Då elektrisk fartygsbelysning i största omfattning förefinnes på örlogsfartyg, där den afser icke blott en mängd lokaliteter uti det inre utan äfven den yttre omgifningen, medelst nyssnämnda apparater, må här såsom lämpligt exempel anföras belysningsanordningen å en *svensk 1:a klass pansarbåt* (Pl. VI).

Dynamomaskinerna äro till antalet 3, af Schuckerts s. k. Manchestertyp, med två vertikala fältmagneter af smidesjärn, förenade genom mycket grofva polstycken af gjutjärn, samt en roterande Gramme-ring, sammansatt af järnplåt och försedd med 92 rullar af platt koppartråd, liggande i ett enda lager. Maskinen

lämnar med 400 hvarf i minuten en ström af 150 ampère om 70 volt. Hvarje maskin är direkt kopplad till en vertikal tvåcylindrig högtrycksångmaskin samt genom ledningar förenad med en instrumenttafla, försedd med en omgång hufvudströmafstängare, ampère- och voltmätare, strömriktningsvisare och säkerhetsapparat för hvarje dynamo. Därifrån gå ledningarna till kopplingstaflan, försedd med 8 »trevägsafstängare», medelst hvilka hvarje dynamo kan inkopplas i hvilken ledning som helst, samt 12 säkerhetsapparater.

Dynamorummet är beläget under »trossdäck»; därifrån gå ledningarna till »pressrummet», hvarifrån de spridas dels ned i hålskeppet till min-, ammunitions-, eld- och maskinrum samt stridsratten, dels upp öfver trossdäcket, där de grena sig för och akter öfver till lamporna för inre och yttre belysningen samt till strålkastarna, hvaraf det å hvarje fartyg finnes två för och två akter ut. Några förgreningar gå slutligen upp till öfre däck. Hvart och ett af de röda strecken å fig. betecknar både till- och återledning; glödlamporna utmärkas genom röda kors, säkerhetsapparaterna med svarta fyrkanter.

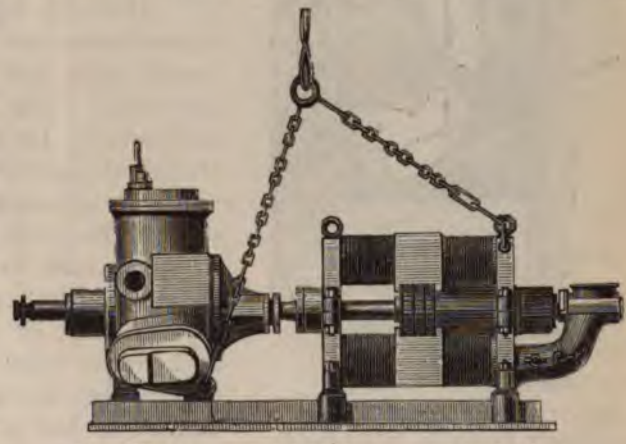


Fig. 312. Transportabel ångdynamo med hissketting.

På vår nyaste pansarbåt, »Oden», finnas omkring 300 glödlampor, flera elektriska signallanternor samt 4 strålkastare om 90 cm. öppning, hvilka stå på särskilda platformer, 10 à 11 m. högt öfver vattnet, så att de fritt kunna kasta sitt kraftiga ljusflöde vida omkring.

En vidsträckt användning i uteslutande fredligt ändamål ha strålkastarna funnit i *Suezkanalen*, hvilken numera får passeras äfven nattetid af fartyg, som äro försedda med strålkastare. Genomfarten kan sålunda förkortas till 20—30 timmar, hvaremot den vanliga tiden för kanalens passerande endast under dagen uppgår till vid pass 60 timmar. Då hvarje dags gång för ett större fartyg representerar en ganska dryg utgift, så medför nattfarten genom kanalen alltså en ganska afsevärd besparing, hvarförutom den sålunda påskyndade genomfarten beredt möjlighet att å kanalen upptaga den på senare åren i otrolig grad ökade fartygstrafiken. Det skulle dock för många fartyg, i synnerhet för dem, hvilka icke göra reguliära turer genom kanalen, knappast löna sig att enkom för detta ändamål anskaffa ett särskildt belysningsmaskineri med strålkastare. Af denna anledning har en affär uppstått, hvilken åt fartygen *uthyr* den erforderliga belysningsmaterielen för farten genom kanalen. Denna i sitt slag enastående belysningsanordning är naturligtvis inrättad så, att den låter använda sig på möjligast enkla sätt. Ångdynamon utgöres af en roterande (Brotherhood-)ångmaskin och därmed direkt kopplad dynamo, stående på samma underlag (fig. 312). Vill ett fartyg för genomfarten hyra elektrisk strålkastare, så hissas hela apparaten ombord och ställes på däcket. En snart iordningställd rörledning tillför maskinen den behöfliga kvantiteten ånga. Framför fartygets

stäf hänges ett slags bur, hvari strålkastaren och dess skötare befinna sig (fig. 313). Genom en telefonledning sättes lotsen på kommandobryggan i förbindelse med denne man i och för meddelande af order angående ljusets riktning. Hyran utgör ungefär 200 kronor för hvarje genomfart, en ringa penning i jämförelse med den tidsbesparing fartyget gör men som i alla fall bereder uthyrningsaffären en ganska vacker behållning.

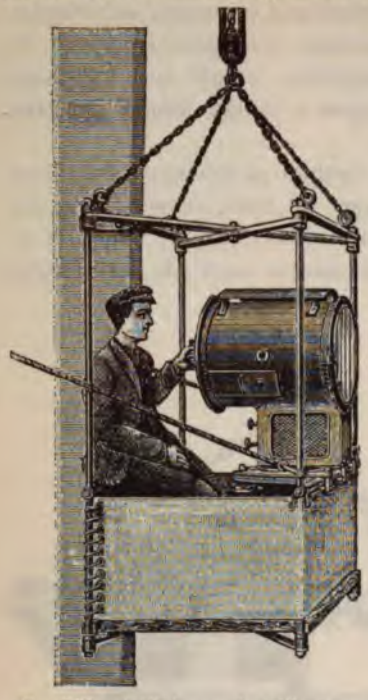


Fig. 313. Ställning med strålkastare, hängande framför ett fartygs förstäf.

Fig. 314 visar en ångare, som under nattlig färd genom Suezkanalen låter strålkastaren långt framåt belysa sin väg.

Äfven för ångarna i våra farvatten har elektrotekniken sökt åstadkomma elektriska strålkastare, hvilka med en enkel konstruktion naturligtvis borde förena egenskapen af billig anskaffningskostnad. En sådan strålkastare, tillverkad af »*Aktiebolaget de Lavals ångturbin*», har under två seglationsperioder profvats på ångbåten »Väddö Kanal» och lämnat fördelaktiga resultat.

Apparaten har en ljusstyrka af c:a 4,600 normalljus och hänger strax framom förstäfven på sådant sätt, att den kan vridas ett halft hvarf åt hvartdera hållet samt lutas 45 grader nedåt. Dessutom kan apparaten upphissas vid pass 1,5 m. i händelse af stark sjögång eller när fartyget ligger i hamn, hvarjämte upphängningsjärnet kan svängas in på däck i och för lampans skötande. Strålkastaren manövreras från kommandobryggan medelst fyra ståltrådslinor, och där finnes äfven en afstängare för lampans släckande eller tändande. Tack vare denna ljusapparat har ångaren under mörka höstaftnar och

Fig. 314. Ångare passerande Suezkanalen under natten.

-nätter kunnat med full säkerhet och ofta utan fartminskning passera farleder, eljest mycket vanskliga att trafikera utom vid dagsljus. Gifvet är ock, att en sådan ljusapparat, enkel och prisbillig, skall vara af högt värde för ångbåtstrafiken utmed våra skärgårdsfyllda kuster.

Elektriska fyrar. Med denna användning kan likställas det elektriska ljusets begagnande till *fyrar*. Gifvet är, att denna ljusbåges ofantliga lyskraft, koncentrerad inom en ringa volym, skulle synas passa väl för sådana ändamål; ytterligare förhöjd genom linsapparaterna kan den med dessas hjälp åstadkomma en

betydande ljusmängd i bestämda riktningar och till betydliga afstånd. För att gifva ett begrepp om hvad sådana fyrar i detta afseende förmå kan nämnas, att den elektriska fyren å South Foreland, nära Dover, med fast sken och en ljusstyrka af 300,000 normalljus vid klart väder rätt ofta synes tvärs öfver Kanalen till Cap Grisnez, den närmaste punkten af franska kusten (36 km.), samt att blinkfyren å sistnämnda punkt, med 600,000 normalljus' styrka, lärer skola genom kraftigare apparater ökas ända till 36—38 millioner normalljus, så att fyren äfven vid mindre siktbart väder må kunna sända sina ljusblixtar öfver till Dover.

Användandet af elektriskt ljus för landfyrar mötte emellertid, oaktadt de obestridliga fördelarna, vissa betänkligheter, särskildt ur kostnadssynpunkt. Lampor och maskiner måste tillverkas med utomordentlig noggrannhet och blifva därför mycket dyra, i synnerhet om särskilda ångmaskiner måste anskaffas enkom för ändamålet; hela anläggningen blir dessutom betydligt komplicerad och fordrar särskildt kunnig och trägen tillsyn. Engelska regeringen, som emellertid låtit anlägga några sådana fyrar, tillsatte därför år 1885 en kommission af sakkunniga män för att pröfva frågan i hela dess vidd, och denna uttalade, efter grundliga försök vid South Foreland, uti sin utförliga rapport det slutomdöme, att med numera fullkomnade konstruktioner och lysmetoder de nu brukliga fyrapparaterna i vanliga fall vore fullt tillräckliga och de elektriska lamporna icke behöfliga annat än i alldeles särskilda fall. Också lär man sedan dess icke hafva inrättat mer än några få engelska fyrar för elektriskt ljus.

I Frankrike uppgjordes visserligen för flera år sedan en omfattande plan för sådana anläggningar längs hela kusten, och medel därtill beviljades; likväl hafva endast ett fåtal däraf hittills kommit till utförande. I de skandinaviska farvattnen finnes för närvarande endast en elektrisk fyr, nämligen vid Hanstholm på Jutlands västkust.

För att gifva en föreställning om den allmänna inrättningen af sådana fyrar och deras verkningsförmåga, i hvad angår det elektriska ljuset, lämna vi följande uppgifter angående en engelsk och en fransk fyr af detta slag.

Fyren på St. Catherine Point å ön Wight hade förut en första klassens oljelysapparat med fast sken. Denna apparat ersattes år 1888 af en elektrisk båglampa, inrättad för blinkar om 5 sekunders varaktighet. För detta ändamål omgifves lampan af en cylinder, sammansatt af 16 s. k. »Fresnels-linser», hvilken på 8 minuter vrider sig ett hvarf kring lampan, sålunda utsändande ljuset i 16 väldiga strålknippen, liknande ekrarna till ett kolossalt hjul. När dessa ljusfloder kretsa fram öfver den omgifvande hafsytan, träffas hvarje punkt däråt hvarje half minut af ett strålknippe, som efter 5 sekunder försvinner och vandrar vidare.

Bredvid fyrtornet är uppfördt ett maskinhus, inrymmande tre ångmaskiner, hvardera om 30 indik. hästkrafter, och af hvilka två äro afsedda för hvar sin strömgenerator af de Meritens konstruktion (jfr sid. 65). Den tredje är afsedd för misttrumpeten. Oaktadt den något större kostnaden har man för elektrisk fyrbelysning föredragit magnetelektriska maskiner, såsom mera pålitliga än dynamomaskinerna. Af de båda maskinerna är emellertid den ena alldeles tillräcklig att mata fyrlampan; den andra står i reserv, ty för all säkerhets skull måste man hafva dubbel uppsättning af hela maskineriet, på det att inga rubbningar af fyrens verksamhet må kunna inträffa, hvaraf de största olyckor ju skulle kunna följa.

Den elektriska båglampan är af Serrin-Berjots konstruktion, med någon modifikation (jfr sid. 130), och har kolstänger af 60 mm. tjocklek. Dess ljus-

styrka utgör 60,000 normalljus, hvilken dock något ökas genom linsapparatens koncentreringsverkan. En elektrisk fyrlampa måste tydligtvis tillfredsställa mycket höga anspråk i fråga om ljusets oföränderlighet och ljusbågens orubbliga bibehållande i den optiska apparatens brännpunkt. Den måste därför vara utförd med ytterligaste omsorg och noggrannhet i alla delar och blir således mycket dyr.

Den franska fyren vid La Coubre, byggd 1895 vid mynningen af Gironde, i

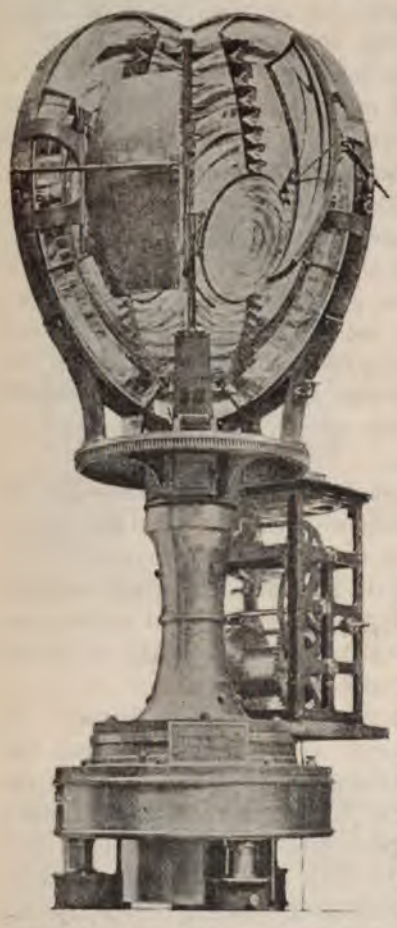


Fig. 315. Fransk fyrlampa, invändigt.

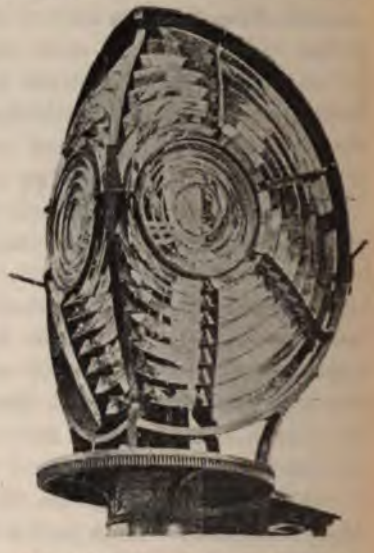


Fig. 316. Linsapparaten, utvändigt.

Biscayaviken, har endast två i vinkel ställda linsfack samt en på motsvarande sätt delad reflektor. Det inre af lysapparaten visas af fig. 315. I midten synas kolstängerna, strax till vänster därom den ena delen af reflektorn, sedd helt bakifrån, och till höger något längre bort den andra, mera från sidan. Dem emellan synes det högra linsfackets midtparti, medan det vänstras bortskymmes af reflektorn. Fig. 316 visar båda linsfacken utifrån. Med en rotationshastighet af 10 sekunder för helt hvarf, 23 mm. tjocka kolstänger och en maximiströmstyrka af 100 ampère om 45 volts spänning gifver apparaten en ljusstyrka af 20 millioner normalljus. De förut byggda fyrarna å Cap de la Hève och Ile de Yeu gifva med 10 mm. kolstänger, 25 ampère och 45 volt 12 millioner normalljus, men med 16 mm. kolstänger, 50 ampère och 45 volt 18 millioner, och under samma förhållanden som La Coubre ända till 23 millioner ljus. Men de hafva 4 linsfack. Själfva bågljusets styrka i lamporna utgör, alltefter kolstängernas olika tjocklek, 2,500, 5,000 och 10,000 normalljus. Linsapparatens ljusförstärkning är således högst betydlig. I ändamål att komma upp ända till en styrka af 36—38 millioner normalljus skola de under byggnad varande fyrarna vid La Canche och Penmarch i Engelska kanalen förses med dubbla parallelt verkande lysapparater och ännu fullkomligare linser. Man kan då nöja sig med

10—16 mm. lampkol och en strömstyrka af endast 25—50 ampère till hvarje lampa, hvilket ger stadigare ljusbågar och starkare sken. Noggranna mätningar ha nämligen ådagalagt, att exempelvis en lampa om 100 ampère ger vid pass 36 procent mindre ljusmängd än två samverkande apparater, hvardera om 50 ampère.

Såsom elektricitetskälla begagnas vid de nyaste franska fyrarna i stället för de Meritens tunga maskin en annan magnetelektrisk alternator af Labours konstruktion, hvilken medför en besparing af 74 procent i vikt och 55 procent i anskaffningskostnad.

Fig. 317. De färgade glasens anordning.

För att ytterligare åskådliggöra sådana lysapparaters konstruktion lämna vi i fig. 318 en genomskärning af den elektriska lampan å Eiffeltornet, hvilken under senaste världsutställningen i Paris i dubbel bemärkelse väckte så stort uppseende. I midten synas kolstängerna med sina hållare och därutomkring den Fresnelska linsapparaten, ytterst omgifven af en glascylinder *t*, hvilken åstadkommer växlingarna i ljusets färg. För detta ändamål finnas å hvarje fjärdedel af cylinderns omkrets trenne linsfack med en bred öppning bakom hvardera. Framför den första linsen sitter ett blått glas och framför den tredje ett rödt, men framför den mellersta intet.

Genom en i apparatens öfre del befintlig liten elektrisk motor kringvrides trumman, så att ljusets färg växlar från blått till hvitt och rödt — de franska färgerna —, hvarefter det för en stund förblir oförändradt, tills nästa färgväxling begynner. Ljusbågen inställes noga i linsernas brännpunkt genom en skrufmekanism, som åverkas af ratthjulet *M*.

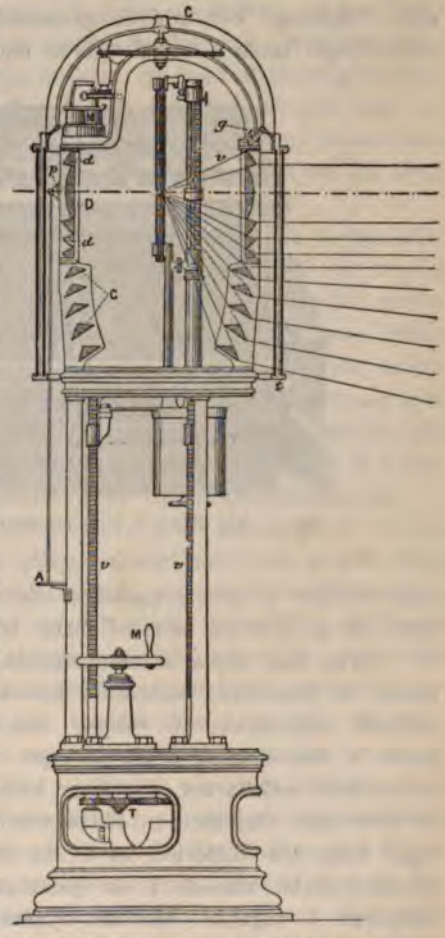


Fig. 318. Fyrlanternan på Eiffeltornet.

Bland de elektriska fyrarna kan man också räkna den frihetsstaty, som af Frankrike skänktes till systerrepubliken Nordamerikas Förenta stater och som är uppställd på Bedloe's Island vid inloppet till New-York. På en granitfotställning, nära 50 m. hög, står frihetsgudinnans väldiga gestalt, hållande i sin uppåt sträckta hand en fackla, som under natten strålar i elektrisk belysning och vägleder inseglingen till New-York. Den nya belysningen af hamninfarten lär emellertid icke hafva vunnit odeladt bifall af fartygskaptenerna. Den elektriska fyren, som uppsattes vid Hellgate-inloppet, har ock måst borttagas och ersättas med vanligt fyrljus. Detta

skedde emellertid därför, att de sjöfarande måste i ett relativt trångt farvatten gå fram i fyrens omedelbara grannskap och därvid bländades af dess skarpa sken. Endast i sådana fall torde man med skäl kunna tadla det elektriska fyrljuset.

Elektrisk belysning å järnvägståg. Tanken att elektriskt belysa järnvägståg ligger nära till hands, och man försökte redan ganska tidigt att omsätta den i praktiken. Därvid stötte man emellertid på flera svårigheter. Det synes visserligen vara ganska enkelt att i en bagagevagn uppställa en dynamomaskin och drifva denna medelst rem från en remskifva på hjulaxeln. Men hvarifrån skulle man taga ström, när tåget står stilla? Man måste därför antingen hafva en särskild ångmaskin, som arbetar oberoende af tågets gång, eller ock som hjälpapparater använda ackumulatorer, hvilka under farten laddas tillräckligt för att under stillaståendet mata lamporna. Därvid möta emellertid nya svårigheter: ackumulatorerna hafva olika laddnings- och urladdningsspänning, och det återstår knappast något annat än att antingen ladda ackumulatorerna under dagen och låta dem sedan mata lamporna

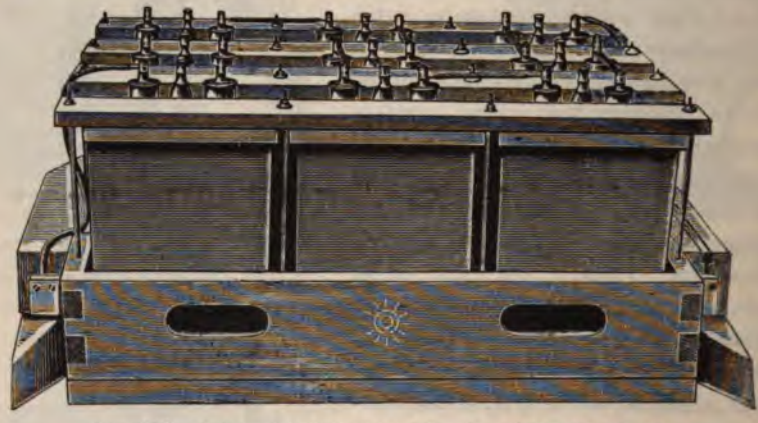


Fig. 319. Ackumulatorbatteri för belysning af järnvägsvagnar.

utan biträde af dynamomaskinen eller också hafva dubbel uppsättning af ackumulatorer, så att det ena batteriet matar lamporna, medan det andra laddas.

Man kan ställa ackumulatorerna i samma vagn som dynamon och ordna dem såsom ett gemensamt batteri för hela tåget. I så fall blir naturligtvis tillsynen och skötseln rätt mycket förenklad, men om tåget kopplas i sär, då slockna alla lamporna i den afskilda delen af tåget. Mest oberoende blir tågbelysningen, om man afstår från enkelheten och låter hvarje vagn få sitt eget batteri. Redan i midten af 1880-talet försöktes en sådan anordning på flera af kontinentens banor. Hvarje vagn hade två batterier, af hvilka det ena matades af en från vagnsaxeln drifven dynamomaskin, stående i en godsvagn; det andra lämnade under tiden ström till lamporna i vagnen. Emedan dynamomaskinens spänning ändrades allt eftersom tågfarten växlade, använde man en automatisk spänningsregulator för att hålla dynamons klämspänning möjligast konstant. Belysningen lämnade föga öfrigt att önska och öfverträffade den vanliga med fotogen eller gas. Men den tidens ackumulatorer kunde icke motsvara de anspråk, som måste ställas på en sådan belysningsdrift, och därför ledde dessa försök icke till någon allmännare efterföljd.

Det enklaste systemet blir likväl att enbart använda ackumulatorer, hvilka ddas på vissa stationer och där insättas i vagnarna. De måste naturligtvis vara llräckliga för belysningen, tills tåget åter kommer till samma station eller hinner am till annan station, där laddade ackumulatorer finnas till utbyte.

Fig. 319 visar ett batteri, som användts på järnvägar i Schweiz. Det väger)5 kg. och var tillräckligt för att hålla vagnens sju lampor lysande i 15 timmar ed en sammanlagd ljusstyrka af 56 normalljus.

På senaste tid har tyska rikspostverket, efter grundliga försök, infört sådan be- sning i postvagnarna å Berlinertågen. Ackumulatorerna laddas och ombytas i Berlin.

På några svenska järnvägar, nämligen Uppsala—Gäfle järnväg och den s. k. ästkustbanan, användes också sedan flera år tillbaka elektrisk belysning af vag- arna. Strömmen erhålles från ackumulatorer, som äro gemensamma för hela tåget.

Man kan af det nu anförda finna, att den elektriska belysningen ganska väl an lämpas för ifrågavarande ändamål, ehuru det måste medgifvas, att den ännu äller sig dyrare och omständligare än den vanliga belysningen. Men den elek- iska belysningen erbjuder äfven här så många fördelar, att dessa utjämna skillnaden, h då man väl kan antaga, att de brister, som ännu äro förenade med dess an- ndande å järnbantåg, med elektroteknikens fortgående utveckling snart skola kunna hjälpas, så kan man knappast betvifla det elektriska ljusets seger äfven på detta nråde.

Betydligt *förenklad* skulle driften blifva, om strömtillförseln kunde äga rum samma sätt som vid de elektriska järnvägarna, d. v. s. från en isolerad ledning stället för ur medförda magasin. Men en sådan anordning omöjliggöres genom n i sådant fall betydliga ökningen af anläggnings- och driftkostnaderna. Gäller ågan endast en kortare vägsträcka, kan saken emellertid ibland gestalta sig annor- nda, t. ex. vid farten genom en tunnel. I sådant fall har denna anordning med amgång försökts. Mellan de vanliga skenorna ligga isolerade tilledningsskenor, mot ilka kontakter å vagnen släpa. Lamporna tändas, så snart vagnen far in i tun- ln, men slockna åter vid utfärden, då släpkontakterna lämna kontaktskenorna.

Man har försökt att använda båglampor uti *lokomotivets signallyktor*. Loko- otivets skakningar och svängningar under gången skulle emellertid inverka svårt örande på lampans reglering, om man icke lyckats att konstruera båglampor, ilka äfven under sådana omständigheter arbeta säkert. Så är förhållandet empelvis med Sedlazek & Wikulills lampa. Denna lampa är visserligen änslig för stötar, men nu möter en annan svårighet, nämligen strömalstringen. an har försökt att på lokomotivet ställa en särskild liten ångmaskin för dyna- ons drifvande, men lokomotivföraren, som redan förut har tillräckligt att sköta, åste då passa ytterligare ett ganska ömtåligt maskineri, och detta vill man und- ka. Däremot har man, så vidt kändt är, icke försökt att använda ackumulatorer r detta ändamål. Att båglampan förmår på ett utomordentligt kraftigt sätt belysa n framför liggande marken, långt bättre än oljelamporna, det kan man på för- nd förstå, och det har äfven till fullo bekräftats genom profkörningar. Men denna rdel har ännu icke kunnat uppvägas af den nyssnämnda svårigheten vid driften. n anmärkning är äfven, att det starka bågljuset skulle blifva så bländande för ationspersonalen, att det under några ögonblick blefve dem omöjligt att urskilja ndra föremål. I alla händelser har båglampan icke erhållit någon varaktig använd- ng för lokomotivsignallyktorna.

Elektrisk belysning för åkdon. I detta sammanhang hafva vi att äfven nämna några ord om elektrisk belysning för åkdon. I detta afseende hafva många försök utförts. Genom ackumulatorernas förbättrande har man kommit därhän, att sådan belysning numera verkligen kan åstadkommas både pålitlig och tillräckligt varaktig. I England förekommo för någon tid sedan omnibusar, upplysta medelst ström från galvaniska batterier, men dessa visade sig icke lämpliga och praktiska. Bättre resultat gaf den belysning, som ett bolag i Berlin på försök anordnade i några af sina omnibusar. Strömmen alstrades af ackumulatorer, ställda under sitsarna. På grund af den betydliga kostnaden och äfven af andra omständigheter återgick man emellertid till den förra oljebelysningen. Samma firma, »Berliner Akkumulatorenwerke vorm. Correns & C:o», som lämnade ackumulatorer till detta försök, utrustade, för att på ett riktigt drastiskt sätt visa sina ackumulatorers användbarhet för åkdonsbelysning, en reklamvagn med sina batterier, hvilka matade två i vagnens inre upphängda båglampor. Väggarna i vagnen voro af tyg, och båglampornas ljus lyste igenom detta och gjorde de målade annonserna synliga.

Otvifvelaktigt är, att inga svårigheter möta för elektrisk belysning af åkdon på fullt tillfredsställande sätt. I några af de kungliga vagnarna i Stockholm finnas numera glödlampor med ackumulatorer såsom strömkälla. Emellertid är sådan vagnbelysning ännu alltför dyr för att kunna komma till allmännare användning. Rika personer, som icke så noga behöfva tänka på hvad de betala för att ha det bekvämt och trefligt, kunna nog kosta på sig elektrisk belysning i sina vagnar, men den icke så lyckligt lottade allmänheten får nog tills vidare hjälpa sig den förutan.

Transportabla belysningsmaskinerier. Numera förekommer icke sällan behof af elektrisk belysning för en kortare tid, på ställen där det icke finnes fast belysningsanläggning, t. ex. vid byggnadsarbeten under natten m. m. Vid många tillfällen kan det också vara af synnerligen stor vikt att hastigt få en tillräcklig belysning till stånd. Transportabla belysningsmaskinerier äro då af största nytta, och sådana finnas numera konstruerade, hvilka lätt kunna föras till ort och ställe och där raskt göras klara till användning.

En sådan lysvagn afbildas i fig. 320, bestående af ångpanna, ångmaskin och dynamo samt konstruerad af firman C. & E. Fein i Stuttgart. Ångpannan hvilar medelst en vinkeljärnsring på vagnens underrede, hvars hjul äro tämligen breda, på det att den tunga vagnen icke må nedsjunka för djupt, äfven i dåligt väglag. Under vagnen och åtskilda af den bakre hjulaxeln finnas tvenne behållare, den ena för kol och den andra för vatten, hvilket förvärmes af afloppsångan.

Till vänster om ångpannan står en vertikal encylindrig ångmaskin, hvari ångfördelningen sker medelst en särskildt konstruerad slidreglering, kombinerad med en känslig regulator, så att maskinens omloppshastighet noggrant förblir densamma, antingen den går tom eller med full belastning.

Dynamon står till höger om ångpannan, bekvämt tillgänglig från alla sidor, och drifves medelst en bred rem af ångmaskinen. För att med bibehållande af omloppshastigheten kunna ändra strömspänningen från 65 volt till 120 volt, allt eftersom maskinen skall mata den här nedan omtalade reflektorlampan eller de små båglamporna, är induktorn försedd med två lindningar, hvilka genom en särskild omkopplingsapparat kunna kopplas antingen parallelt eller i serie.

Till denna maskinvagn hör en andra vagn, lastad med all öfrig belysningsmateriel, såsom 6 mindre båglampor, ledningar, mät- och regleringsapparater, ledningS- och lampstolpar, kabelrullar m. m.

Under kuskbocken finnas skjutlådor innehållande verktyg, isolatorer, isoleringsmateriel m. m. äfvensom reservglödlampor och kolspetsar till båglamporna. Strax bakom kuskbocken sitter, öfverst på vagnens framgafvel, en stor reflektorlampa.

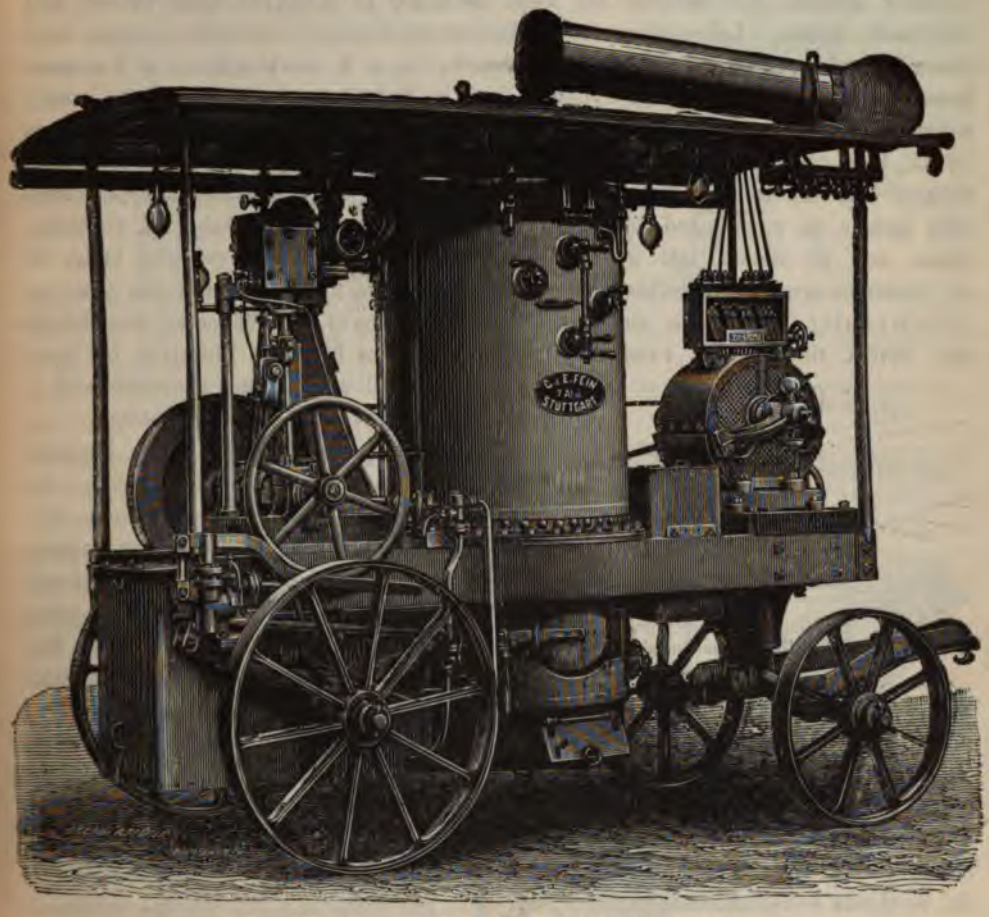


Fig. 320. Transportabelt elektriskt belysningsmaskineri.

Lamp- och ledningsstolpar äro af järnrör, möjligast lätta, och bestå af flera delar, som lätt kunna hopsättas.

De båda vagnarnas iordningställande och pannans uppeldande kan ske ganska raskt; tio till femton minuter efter vagnarnas framkomst kan dynamon sättas i gång och den under tiden iordningställda reflektorlampan inkopplas och tändas. När detta är gjordt, kan man sedan, om så behöfs, äfven under natten uppsätta ledningarna för de små båglamporna och göra dessa klara till användning. Båda vagnarna kunna bekvämt sändas med bantåg, lastade på en öppen godsvagn.

Ett sådant belysningsmaskineri kan tydligtvis göra ovärderliga tjänster vid åtskilliga tillfällen, då man ovillkorligen måste under natten företaga arbeten, vid hvilka

hvarje minut måste begagnas. Vid öfversvämningar, jordras eller instörtade byggnader, järnvägsolyckor o. s. v. bero oftast många människolif på snar hjälp, hvilken genom mörker försvåras eller omöjliggöres.

Äfven vid åtskilliga militära operationer nattetid, exempelvis brobyggnader, skansarbeten o. d., kan det elektriska ljuset vara till afgörande nytta.

Å Parisutställningen fanns i den elektriska afdelningen en s. k. *lätt fotoelektrisk* apparat för fältbruk och kustbefästningar af Mangins konstruktion, med tillhörande fordon. Lokomobilen, af särdeles ändamålsenlig konstruktion, kunde inom 20 minuter uppeldas till fullt bruk. Motorn, en s. k. »turbomoteur» af Parsons konstruktion, verkade direkt på dynamon med en hastighet af 9,000—10,000 hvarf i minuten, åstadkommande en ström af 90—100 ampère och 55—70 volt. Ljusbågens styrka blef då 5,500—6,000 »bec-carcel», d. v. s. 38,000—45,6000 normalljus, hvilken mer än tusendubblades genom brännspegeln. De förstnämnda apparaterna voro lastade på en 4-spänd, lätt vagn, strålkastare jämte ledningskabel på en annan sådan, och på sådant sätt att den lätt kunde aflyftas och af fyra man bäras till sin uppställningsplats. Strålkastarens diameter utgjorde 90 cm., men firman Sautter & Lemonnier hade äfven utställt en jätteapparat om 1,5 m. diameter, den största som dittills tillverkats i Frankrike. Den beräknades hafva en ljusstyrka om ända till 60 millioner »bec-carcel», d. v. s. 450 millioner normalljus.

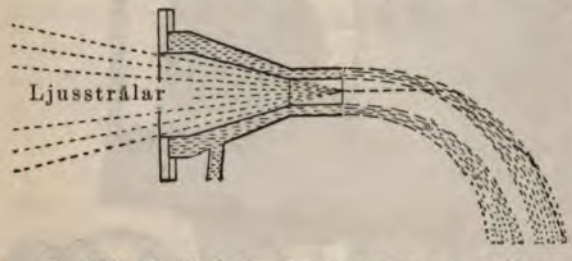


Fig. 321. Ett ljusknippe inneslutet i en vattenstråle.

Att sådana tunga lysapparater emellertid icke kunna vara lämpliga för fältbruk inses lätt, och hvad de mindre apparaterna angår, har det hittills hufvudsakligen varit tyngden af ångmaskin och dynamo som utgjort det förnämsta hindret. Emellertid lärer nog den tekniska uppfinningsförmågan kunna äfven i detta hänseende erbjuda en praktisk lösning af uppgiften, och den innebäres måhända redan uti den af svensken de Laval konstruerade »ångturbinen», hvars utmärkta egenskaper: stor kraftutveckling, enkel konstruktion och ringa utrymmesbehof, tyngd och kostnad, synas göra densamma alldeles särskildt ägnad för sådana militära ändamål. Några försök med transportabla belysningsmaskinerier ha äfven gjorts i Sverige men hittills icke ledt till bestämda konstruktionsformer.

Elektrisk springbrunn. En onekligen vacker och öfverraskande användning af det elektriska ljuset väckte vid senaste världsutställningen i Paris allmän beundran och förtjänar att med några ord här omnämnas. Det var de elektriska springbrunnarna, »*fontaines lumineuses*», hvilkas vattenkaskader inför åskådarnes ögon skenbart förvandlades i flytande ljus af olika färger, utan att man kunde upptäcka någon ljuskälla, som åstadkom denna effekt. Redan den under benämningen »kalospintokromokrene» af gammalt bekanta färgskiftande springbrunnen är ju ett ganska vackert skådespel; där låter man ljuset utifrån falla på vattenstrålarna och reflekteras af dem, men vid de lysande fontänerna tillföres det inifrån genom en särdeles sinnrik mekanism, hvars inrättning vi åtminstone i korthet vilja beskrifva under hänvisning till fig. 321—324.

Idéen att införa en ljusstråle i det inre af en vattenstråle är redan mer än 50 år gammal och härrör ursprungligen från en fysiker Colladon i Genève, hvilken visade, att en ljusstråle, som långs axeln insläpptes uti en horisontalt utströmmande vattenstråle, till största delen blir liksom fången i denna och icke kan slippa ut,

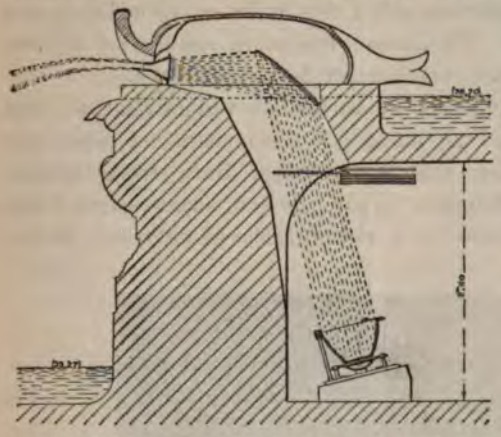


Fig. 322 *a*. Ljusets tillförande till horisontala vattenstrålar.

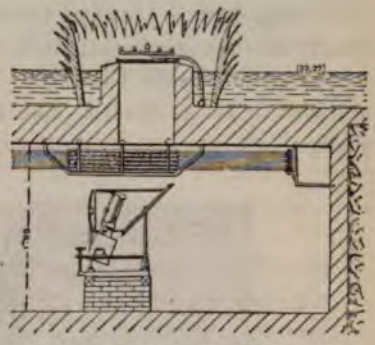


Fig. 322 *b*. Ljusets tillförande till uppåtkastade vattenstrålar.

förrän strålen upplöses i droppar och splittras sönder, då det ser ut, som om ljuset sprunge fram ur vattnet. En blick på fig. 321 skall förklara detta. Strålen utströmmar horisontalt genom ett munstycke, hvars inre upptages af ett rör, hvarigenom ljuset kastas fram uti vattenstrålens inre. Ljusstrålen inkommer långs vattenstrålens axel, men då denna till följd af tyngdkraften böjer sig nedåt, så uppnår ljusstrålen snart dess yttre lager. Detta släpper honom dock icke igenom utan reflekterar honom enligt kända fysiska lagar, likt en spegel. Ljusstrålen kastas alltså tillbaka in i vattenstrålen och kan lika litet vid nästa och följande ställen finna en utgång, då han äfven där måste böja sig för reflektionens lagar. Först när vattenstrålen förlorar sitt sammanhang, kan ljuset slippa ut, och det ställe där så sker blir då lysande. Ljuset kastas dock icke fullständigt tillbaka från vattenstrålens yta; någon del däraf silar sig alltid igenom vid hvarje reflexionsställe, och är ljuskällan tillräckligt stor, så blir hela vattenstrålen lysande på grund af detta ljusets utträngande på de otaliga reflektionspunkterna; då någon ljuskälla icke kan upptäckas, synes den självlysande. Kastas vattenstrålen uppåt, kunna enahanda reflektionsverkningar åstadkommas, så att den äfven då synes lysande.

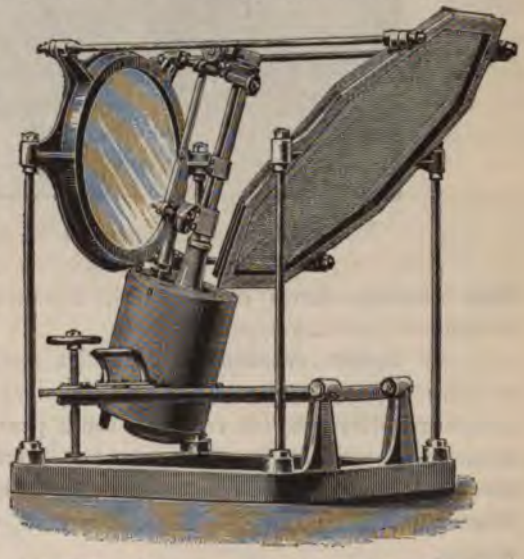


Fig. 323. Båglampa med speglar för lysande fontän.

På detta förhållande grundade sig de lysande springbrunnar, hvilka visserligen redan förut användts på teatrar i Paris och annorstädes men å Parisutställningen 1889 anordnades i verkligen storartad skala och med utomordentligt praktfull effekt. Den lysande fontänen i Paris utgjordes hufvudsakligen af två stora bassänger; i den öfre af dessa fanns en ståtlig vattenkonstgrupp och i den andra en springbrunn med ett stort antal vertikala vattenstrålar. Tillsamman funnos ej mindre än 33 lodräta och 14 horisontala vattenkonster med sammanlagdt 300 munstycken.

Fig. 322 *a* antyder, hur ljuset tillfördes de horisontala vattenstrålarna. Den visar, att den vattensprutande delfinen var ihålig och i sin undre del öppen mot ett källarrum under bassängen. Där nere stod en båglampa, hvars strålar koncentrerades i en parabolisk spegel och kastades uppåt mot en annan spegel i den ihåliga delfinen för att slutligen reflekteras ut i vattenstrålens munstycke. Mella

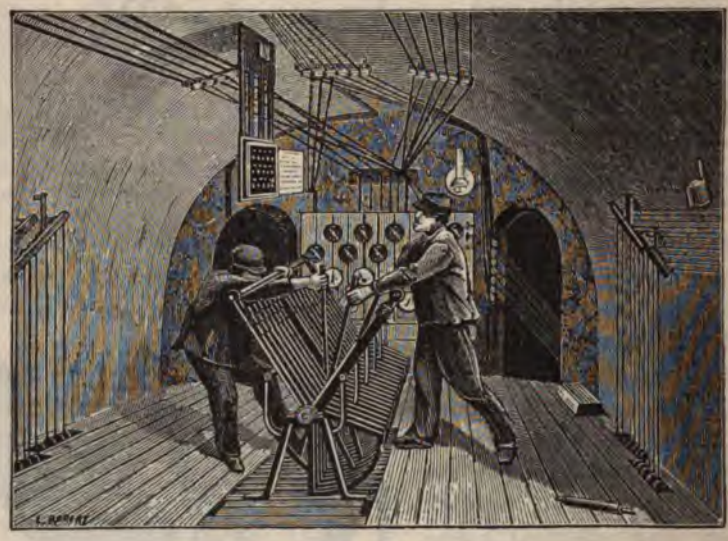


Fig. 324. Färgväxlingsapparat vid den lysande fontänen i Paris.

båda speglarna fanns en inrättning, hvarmed glas af olika färg kunde omväxlande inskjutas i ljusstrålknippet.

Af alldeles enahanda beskaffenhet var anordningen för de vertikala springvattnens belysande fig. 322 *b*. Den bestod af en båglampa, hvars ljus af en konkav spegel reflekterades till en snedt ställd plan spegel och därifrån vidare uppåt in i kransen af vattenstrålarna. Äfven här återfinna vi anordningen med de färgade glasen, som medelst lämpliga drag- och skjutstänger och linor efter behof kunde föras framför ljusknippet. Fig. 323 visar anordningen af båglampan med sina speglar.

Dragstängerna till de färgade glasen voro sammanförda uti en växlingsapparat, liknande den gemensamma spårväxlingsmekanismen å en större järnvägsstation (fig. 324).

I närheten af springbrunnen fanns en liten observationskiosk, hvilken stod i telegrafisk förbindelse med färgväxlingsstationen och hvarifrån dess personal erhöll sina order angående färgspelet.

Den stora framgången af dessa lysande springbrunnar har föranledt många både goda och dåliga efterbildningar, och troligt är, att de mer och mer komma till användande. Önskvärdt vore då, att man icke nöjde sig med blotta efterbildningar utan äfven försökte åstadkomma nya uppslag och verkningar, hvartill vattnets och ljusets alltid effektfulla samverkan otvifvelaktigt erbjuder många möjligheter.

Åtskilliga andra användningar af det elektriska ljuset. Nu återstår att slutligen i korthet omnämna det elektriska ljusets användande för några jämförelsevis underordnade ändamål. Efter den redan i det föregående lämnade redogörelsen för egenskaperna hos detta ljus torde det nu icke behöfva vidare framhållas och förklaras, att det kan vara till nytta på områden, där våra vanliga lysen med låga alldeles icke kunna begagnas. Med den elektriska lampan i sin hand kan sålunda dykaren nedstiga och lysa sig på hafsbottnen. Den elektriska strömmen, skyddad genom vattentäta ledningar, följer honom villigt i djupet, och glödlampan lyser lika bra i *vatten* som i luft.

Det elektriska ljuset lär äfven hafva visat sig vara ganska användbart *vid fiske* för att locka fisken. Man har då med nätet nedsänkt en eller flera glödlampor i vattnet. Förvånade och undrande öfver hvad som i det dunkla djupet lyser så vackert, närma sig fiskarna till lampan och råka därvid in i nätet. Det går dem på samma sätt som malar och fjärilar, hvilka ofta i tusental flyga in i båglampor, upphängda i det fria, och där svedas till döds, eller hafsfåglar, som flyga emot fyrtornens lanternor och understundom om morgonen kunna ligga i hundratal med brutna vingar på fyrens balkong. Man har till och med försökt att begagna sig af detta insekternas förhållande gent emot båglampornas bländande ljus för att i stor skala förgöra insektsvärmar, nämligen genom att uppställa transportabla ljuskällor, hvilkas båglampor lockat insekterna till sig. Bakom lamporna funnos trattformiga skärmar, stående i förbindelse med en fläkt. Af den in i tratten rusande luftströmmen medrycktes de små flygfäna sin undergång till mötes. Mycken framgång lär man dock icke vunnit med dessa tillställningar.

En intressant och viktig användning har det elektriska ljuset fått i *läkarepraktiken* för belysning af människokroppens inre organ, för hvilket ändamål man förut icke ägde något annat medel än reflekteradt ljus. Nu tränger läkarens ljussond djupt in i kroppens innandömen och möjliggör ett långt noggrannare iakttagande af dem än förut.

För *fotografering* har det elektriska ljuset försökts i rätt stor omfattning, emedan denna belysning är mera pålitlig än den naturliga och alltid kan åstadkommas. De hittills vunna resultaten tyckas dock visa, att tills vidare denna artificiella belysning dock icke förmår rätt väl ersätta dagsljuset, hvilket möjligen kan hafva sin grund däri, att fotograferna icke alltid tagit tillbörlig hänsyn till de ändringar i deras arbetssätt, som betingas af det elektriska ljusets egendomliga natur. En brist hos bågljuset, som särskildt kan vara af betydelse för porträttering, är att det svårligen låter sig spridas och dämpas så som dagsljuset, att det i följd däraf alltid åstadkommer starka dagrar och djupa skuggor, att alltså de mjuka förtoningarna saknas, hvilka uppkomma vid dagsljus. Man har på flera sätt försökt att åstadkomma spridning af bågljuset. Så har man exempelvis låtit lampans strålar uppfångas af en stor hvitlimmad spegel och användt den därifrån kommande bredare ljusstrålen till belysning af det föremål, som skulle fotograferas. I förbigående må

anmärkas, att en likartad belysningsanordning äfven rätt mycket användes för ritsalar, där man äfvenledes eftersträfvar att erhålla ett klart men ej för skarpt ljus.

I detta sammanhang må här nämnas, att fotografen Roeder i Hannover har användt s. k. *elektriskt blixtljus* vid ögonblicksfotografering. För sådan fotografering är det nämligen fördelaktigt att från flera sidor upplysa föremålet, i synnerhet om det har större utsträckning. Ljusblixtarna måste då också komma i samma ögonblick. I detta syfte använde Roeder den elektriska strömmen för åstadkommande af ljusens samtidiga tändning medelst små elektriska glödtändare (se nästa kapitel) i förbindelse med ett doppbatteri. På hvarje glödtändare anbringas en sats blixtpulver; i samma ögonblick som elektroderna neddoppas framblixtra alla lågorna, belysande hela föremålet med ett ytterst skarpt sken.

Rätt goda resultat har man erhållit vid *blåkopiering* med elektriskt ljus.

För *illuminationer* kunna de mest effektfulla anordningar utföras med elektriska glödlampor. Vi erinra i detta afseende om den festliga ljusskrud, hvari Allmänna Telefonaktiebolagets i Stockholm telefontorn hade klädt sig den 21 januari 1889 vid firandet af konung Oskar II:s sextioförsta födelsedag. Från telefontornets öfversta dekoration med hörntorn och hvalfbågar utsände röda och gröna elektriska glödlampor sitt sken, och därunder angåfvo i hvitt ljus omväxlande rutverk och diagonallinier tornets form. Å den mot kungl. slottet vända sidan omväxlade rutverken med ett som juveler blixtrande jättemonogram af mer än 9 meters höjd. Mer än 2,000 glödlampor användes för denna illumination. Väl bekant är också för de många, som den 9 december 1894 befunno sig i Stockholm, det praktfulla och af elektriska glödlampor glittrande tempel, som uppbyggts öfver Gustaf II Adolfs staty vid firandet af 300-årsdagen af denne store konungs födelse.

Oväntadt är det slutligen ej heller, att det elektriska ljuset ofta och på många olika sätt tagits i *reklamens* tjenst. En bland de djärfvaste företeelserna på detta område är den elektriska molnannonseringen. För ett tiotal år tillbaka på skämt föreslagen af en tysk författare, lär denna annonseringsmetod verkligen ha blifvit använd i Amerika. Man tänke sig en stor laterna magica med en kraftig reflektor som ljuskälla. Denna riktas mot en förbidragande molnvägg, och på denna halfgenomskinliga botten högt upp i luften får man då till sin öfverraskning i eldskrift läsa exempelvis ett tillkännagifvande, att »Mr Browns blanksvärta öfverträffar all annan blanksvärta i hela världen».

V. Teknisk användning af elektriskt värme.

Elektrisk uppvärmning. — Elektrisk glödning. Mintändning. — Härdning. — Galvanokaustik. — Elektriska cigarr- och gaständare. — Lödning, vällning och smältning med elektrisk ström.

Den yttring af elektrisk värmeenergi, som består i frambringandet af ljus, betecknar, såsom redan i det föregående blifvit anmärkt, för närvarande den vidsträcktaste användningen af nämnda värmeutveckling. I jämförelse därmed äro dess öfriga tillämpningar af vida mindre betydelse, likväl icke därför, att de skulle vara tekniskt svårare att åstadkomma eller begagna, utan helt enkelt därför, att man hittills ansett det elektriska värmet vara alltför dyrt. Det vill emellertid synas, som om en något förändrad uppfattning nu vore på väg att inträda; man menar, att elektriskt värme visserligen kostar mycket mera än värme af kol eller ved, men att å andra sidan det förra vid användningen icke på långt när lider så stora förluster som det billigare förbränningsvärmet och därför väl bör kunna, åtminstone för vissa ändamål, upptaga en pristäflan med detta senare.

För närvarande är det dock icke möjligt att bestämdt afgöra, huruvida denna omständighet verkligen förmår fälla utslaget till förmån för den elektriska uppvärmningen. För denna frågas lösning hafva emellertid omfattande undersökningar och experiment nyligen blifvit påbörjade.

Af hvad hittills utrönts vill det synas, som om elektriciteten icke skulle kunna vinna priset i täflan med de vanliga brännmaterialierna, så länge det endast är fråga om uppvärmning till lägre temperaturgrader eller hvad man i dagligt tal kallar eldning. Men vid upphettning till mycket höga temperaturgrader ha värmeförlusterna visat sig så stora, att man på fullt allvar kan sätta i fråga, huruvida icke elektrisk »hets» vore vida billigare.

För att exempelvis vid vanlig koleld i smidesässjan upphetta en järnstång till hvitglödning måste man, enligt senaste uppmätningar, åstadkomma inemot hundra gånger så mycket värme, som själfva stången för ändamålet behöfver. Nittionio procent af den utvecklade värmeenergien bortgå uti förbränningsgaserna, i de uppvärmda ugnsväggarna och genom utstrålning från själfva elden. Men vid upphettning med elektricitet komma ända till åttioåtta procent af den utaf dynamomaskinen alstrade elektriska värmekraften till nyttigt användande i järnstången. Är hela maskinanläggningen fullt ändamålsenligt anordnad, så kan man med en ångdynamo återbekomma sex till sju procent af den genom kolförbränningen under ångpannan

utvecklade värmemängden, alltså låta järnstången bekomma i rundt tal sex gånger så mycket värme som vid omedelbar upphettning uti koleld.

Redan under nuvarande förhållanden synes därför elektrisk upphettning vara i vissa fall mera ekonomisk än den hittills vanliga, och detta bör ändå mera blifva händelsen, där vattenkraft kan användas i stället för ångkraft. Kommer man i fråga om stenkolen en gång därhän att direkt kunna omsätta deras inneboende värme till elektrisk energi, så vore, äfven vid användande af detta brännmaterial, den elektriska upphettningen alldeles gifvet den förmånligaste.

Men förutom kostnadsfrågan har man vid många tillfällen äfven att taga i betraktande den elektriska värmealstringens större tillförlitlighet, användbarhet och verkningskraft, och det är denna rent tekniska synpunkt, som i den följande framställningen varit den hufvudsakligen bestämmande.

Elektrisk uppvärmning.

Att med elektrisk ström åstadkomma värme är mycket lätt, ty hvarje ledare, genom hvilken strömmen går, uppvärmes däraf. Då värmegraden ju beror på strömstyrkan och motståndet i ledaren, har man i sin makt icke allenast att upphetta denna till huru hög grad som helst utan äfven att koncentrera dess värmeverkan, om så önskas. Såsom redan i det föregående blifvit påvisadt, behöfver man för sådant ändamål endast på lämpligt sätt afpassa ledarens motstånd och tvärskärning. Teoretiskt taget skulle man sålunda kunna åstadkomma hvilken värmekvantitet som helst inom minsta tänkbara rum; i det följande skall visas, att i detta afseende praktiken kommit den teoretiska möjligheten ganska nära. Men användning af ledare med små dimensioner och stort ledningsmotstånd möter likväl vissa praktiska svårigheter, ty en alltför långt drifven upphettning kan hafva ledarens smältning eller förbränning till följd.

Så länge det blott är fråga om *uppvärmning* i egentlig mening, behöfver man emellertid tydligtvis icke uppdrifva temperaturen hos värmemottagaren alltför högt, ty enligt vanligt språkbruk menas med detta uttryck endast en lägre värmehöjning, vare sig till skydd mot köld eller för torknings- eller kokningsändamål och dylikt. Till elektrisk uppvärmning vilja vi därför hänföra all sådan värmealstring, där temperaturen håller sig under 200° C. Vid sådan temperatur löper värmeledaren ingen fara att förstöras, och man behöfver blott tillse, att ledningen får tillräckligt motstånd men icke större dimensioner, än att den kan få plats inom ett lämpligt mindre utrymme. Hvad angår motståndet, kunna olika ändamål betinga olika former och motståndsgrader. En öfverblick öfver sådan användning af den elektriska strömmens värmeverkningar torde lättast erhållas genom en kort beskrifning af de förnämsta apparaterna för detta ändamål.

Vi begynna med den elektriska kaminen. Ett större rum, exempelvis af 6 m. längd, 5 m. bredd och 4 m. höjd, kräfver, vid en yttre temperatur af —10° och uppvärmning till 20° C., en värmetillförsel af 60 värmeenheter i minuten, d. v. s. samma värmemängd, som skulle åtgå att uppvärma 60 liter vatten från 0° till 1° C. För att på elektrisk väg åstadkomma en sådan värmetillförsel skulle man, vid den vanligen förekommande normalspänningen 100 volt, behöfva framleda en ström

af 40 ampère, d. v. s. hvad som fordras för att mata 80 st. 16-ljusglödlampor. De 80 glödlamporna kunna samtidigt göra tjänst som värmekälla, enär det uti dem alstrade värmet utan förlust öfvergår till rummet, hvadan man alltså vid en dylik rik belysning erhåller det nödiga värmet såsom kostnadsfri biprodukt. Man finner emellertid häraf, att elektrisk eldning, om det blott är fråga om sådan, blir en ganska dyr affär, ehuru försök ingalunda saknats att göra detta uppvärmningssätt praktiskt användbart.

De första förslagen till elektriska värmeapparater hafva framkommit i Europa, hvarest äfven enstaka användningar däraf ägt rum. Så t. ex. i kurorten Tarasp, där tillgången på vattenkraft gör, att elektriciteten kan fås för billigt pris, och där hälsovattnet uppvärmes med elektriska kokapparater, hvilka här nedan närmare beskrifvas. I Amerika har man föreslagit att å de elektriska banorna låta strömmen äfven uppvärma vagnarna. Liknande förslag ha äfven framställts i Frankrike och annorstädes. Fig. 325 visar en för sådant ändamål afsedd värmeapparat i form af en lång pall, hvars öfverstycke innehåller ett nät af nysilfvertråd, täckt med asbest, till förekommande af fara genom för stark upphettning. Själfva fotbrädet utgöres af en järnplatta, försedd med refflor eller klackar för befrämjande af värmeutstrålningen.

Vore det fråga om att konstruera en elektrisk kamin för uppvärmning af ett större

Fig. 325. Elektrisk värmeapparat.

Fig. 326. Elektriskt tekök.

rum, såsom det ofvan nämnda, så behöfves därtill blott ett antal trådspiraler af lämplig längd och groflek, insatta uti en väl öfvertäckt järnställning, ungefär såsom i båglampmotståndet fig. 265. Eller ock skulle man, i likhet med hvad som sker vid ångvärmeledning, kunna lägga ledningstråden i en golftrumma utmed väggarna, skyddad af ett järngaller.

Af större intresse än dessa elektriska värmeugnar äro de apparater, som afse uppvärming af vatten och dylikt. På elektriska utställningen i Wien fanns ett af M. Jüllig utställdt tekök, hvarest den elektriska värmekroppen utgjordes af platinatråd, tätt lindad kring ett kort glasrör af stor vidd, hvilket nedsattes i vattnet och uppvärmde detta, då strömmen framsläpptes genom platinatråden. Denna anordning har visserligen den fördelen, att hela den alstrade värmemängden kommer vattnet till godo, men den tillfredsställer icke ens ganska måttliga anspråk på snygghet vid tillagningen. De nyare elektriska teköken äro därför inrättade så, att glödtråden ligger utanför och under kitteln. Fig. 326 visar en sådan apparat, som tillverkas af »Allgem. Elektr.-gesellschaft» i Berlin. Vore ej kostnaden för brännmaterialet så hög, så skulle en dylik ofarlig och rökfri tekokare vara alldeles förträfflig; där elektriciteten kan fås för billigt pris, är den utan tvifvel mycket lämplig. I Amerika har man utfört

mycket grundliga försök med elektriska värmeapparater för matlagning. Man har ansett, att den elektriska kokspisen — liksom gasköket — skulle medföra stor kostnadsbesparing, emedan eldningen kan upphöra i samma ögonblick som maten är färdiglagad; vidare är en sådan spis ofarlig, snygg och enkel. Allt detta oaktadt kan man dock knappast antaga, att de elektriska kokapparaternas tid ännu är kommen.

Hit hör äfven det elektriska press- eller strykjärnet, fig. 327, hvilket innesluter en glödtråd såsom stryklod. Vid dennna apparat spelar kostnadsfrågan icke så stor roll, ty det större besväret och omgången vid begagnandet af vanliga strykugnar torde kunna uppväga den högre kostnaden af elektrisk upphettning. Sådana elektriska strykjärn hafva ock verkligen kommit till användning. Det af von Miller utförda elektricitetsverket *Bruck*, som drifves med vattenkraft och som förser tvenne små orter med belysning och arbetskraft, har abonnenter, som nyttja den elektriska strömmen äfven till uppvärmning af strykjärn och därmed uttalat sin fulla belåtenhet.

Mera lofvande, redan för nutiden, synes en annan användning af det elektriska värmet vara, nämligen för artificiell äggkläckning. Här är den behöfliga värmemängden jämförelsevis ringa, och till följd häraf är det särskildt en fördel af den elektriska uppvärmningen, som träder i förgrunden, nämligen den, att temperaturen kan lätt och säkert regleras, i synnerhet sedan man numera genom en nyligen gjord svensk uppfinning erhållit en tillförlitlig, ytterst känslig apparat för sådant ändamål, benämnd *elektrotermostat*. Temperaturen kontrolleras genom en i ledningen insatt termometer alldeles automatiskt och på sådant sätt, att instrumentet icke framsläpper mera ström, än som erfordras att noga vidmakthålla den för ändamålet behöfliga värmegraden. Bortsedt från frågan, huruvida den artificiella äggkläckningen öfver hufvud är att rekommendera, torde man kunna påstå, att användandet af elektriskt värme därvid är både enklast och säkrast. I betraktande af den ringa värmemängd, som erfordras, är redan en jämförelsevis obetydlig vattenkraft — sådan som man ju ofta kan ha att tillgå vid byar och bebyggda orter — tillräcklig att samtidigt kunna kläcka 1,000—2,000 ägg och för att de första dagarna skaffa kycklingarna den nödiga värmen.

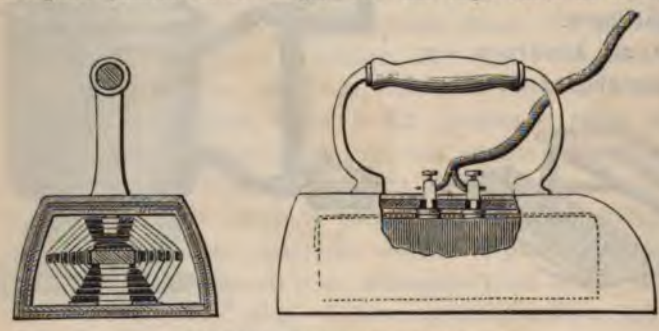


Fig. 327. Elektriskt strykjärn.

Den förste, som började använda elektriciteten för detta ändamål, var en tysk landtbrukare vid namn Storbeck (år 1883). Hans kläckningsapparat bestod af en stor och låg korg, som genom stoppning med hö och fjäder förvandlats till ett slags rede. Däröfver lades den »elektriska hönan», d. v. s. det elektriska korglocket, som var på liknande sätt stoppadt och på innersidan försedt med trådspiraler. Genom locket nedsattes en regleringstermometer i det inre af redet, hvilken tjänade att sluta och afbryta strömmen i ändamål att så mycket som möjligt åstadkomma

samma värmeförhållanden som vid den naturliga äggkläckningen. Storbeck hade emellertid ej någon egentlig framgång med denna apparat, oafsedt andra omständigheter äfven därför, att han på grund af ringa tillgångar endast kunde använda galvaniska element och dessa ingalunda lämpade sig för tjuguen dagars strömalstring.

I större skala har den elektriska strömmens värmeverkan blifvit för samma ändamål använd af en fransman Lion i Marseille, likväl icke för åstadkommande af själfva värmen utan endast för reglering af dess tillförsel. Hans apparat, hvilken samtidigt kan kläcka ända till 5,000 ägg, uppvärmes nämligen med gas, och den elektriska strömmen reglerar gastillflödet till lågan, så att temperaturen i kläckningsrummet ständigt håller sig mellan 39° och 40° C. Det behöfver knappt nämnas, att denna reglering skulle kunna mycket förenklas, om den elektriska strömmen äfven användes för uppvärmningen, emedan strömmens slutande och afbrytande är lättare att anordna än regleringen af gaslågan.

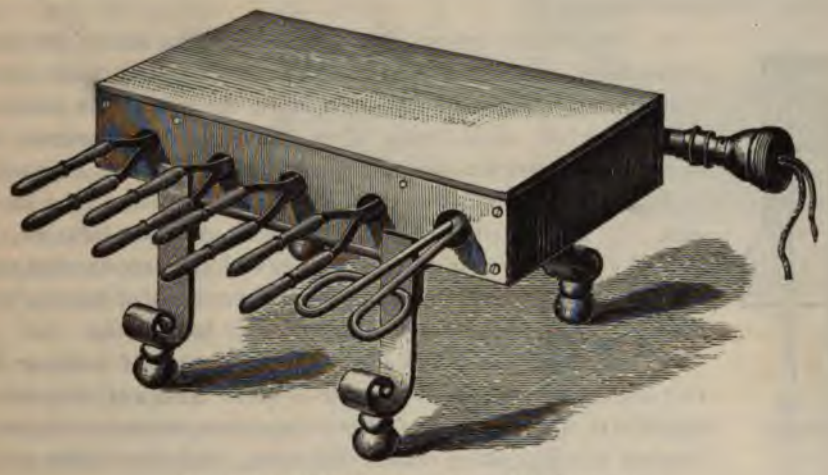


Fig. 328. Elektrisk värmeapparat för frisertänger.

Äfven har man användt den elektriska tråden för afsprängning af glas, glasrör m. m. Glaset beröres med den upphettade tråden och vrides rundt därå, tills det afspränges, hvilket kan befrämjas genom anfuktning af det upphettade stället.

Slutligen må en apparat omnämnas, som funnit användning i teatrarnas klädloger, nämligen den elektriska värmeapparaten för frisertänger, fig. 328. I princip liknande andra elektriska värmeapparater, innehåller densamma i en platt blecklåda en i spiraler upprullad glödtråd. Genom hål på lådans sida instickas tängerna uti de af trådspiralerna bildade kanalerna. Apparaten har så till vida en viss betydelse, att man vid teatrar med elektrisk belysning gärna vill undvika hvarje användning af brinnande eld och i denna apparat alltså har ett medel att ersätta den för nämnda ändamål annars behöfliga gas- eller spritlågan.

Elektrisk glödning.

Mintändning. Den äldsta användningen af elektricitetens värmeverkan är för åstadkommandet af glödning och detta särskildt för *mintändning*. Denna grundar sig därpå, att en ledare vid strömmens genomgång försättes i glödning å en viss del, som är omgifven af en lätt exploderande tändsats, hvilken i sin ordning bringar den kringliggande laddningen till explosion. Fördelen af detta tändningssätt framför den gamla stubintändningen består först och främst däri, att man kan spränga minan i bestämdt ögonblick, att man sålunda har tändningen säkert i sin hand och kan undvika de faror, som skulle kunna uppstå genom för tidig antändning; men dessutom är man medelst den elektriska tändningen i stånd att låta flera minor verka fullkomligt samtidigt, och detta är af väsentlig betydelse för sprängtekniken, så väl den civila som militära.

Fig. 329.
Glödtändare.

Utom denna genom direkt *glödning* af en ledare åstadkomna mintändning användes äfven ett annat, närsläktadt sätt för elektrisk mintändning. Denna kan nämligen äfven ske genom den *gnista*, som vid afbrott på något ställe af en ledningstråd uppkommer, då en ström med tillräckligt stark spänning där löper fram. I princip äro ju dessa båda tändningssätt tämligen lika, ty i senare fallet kan man säga, att tändningen sker genom upphettning af det luftlager, hvarigenom gnistan passerar. I praktiken är dock skillnaden ganska väsentlig, enär *glödtändningen* kan ske med användande af lågspänd ström, hvaremot *gnisttändningen* fordrar ström af hög tension.

Glödtändare användes första gången år 1831 af professor Hare. I sin nuvarande form, fig. 329, består en sådan tändare af två blanka ledningstrådar, omgjutna af en fast isoleringsmassa, sammansatt af svafvel, blandadt med glaspulver, cement eller dylikt, och hvilken håller trådarna på bestämdt inbördes afstånd. De framskjutande trådändarna i tändarens inre förenas genom en fin platinatråd, »glödtråden», som på grund af sitt stora ledningsmotstånd vid strömmens genomgång försättes i glödning. Tändsatsen ligger uti en på isoleringsmassans öfverdel trädd kapsel och omgifver alltså den fina platinatråden samt tändes, då denna kommer i glödning. I kapselns öfre del finnes dessutom något knallkvicksilfver, hvilket är nödvändigt för att bringa brisanta sprängämnen, såsom bomullskrut, dynamit eller dylikt, till explosion. Men detta är icke behöfligt, om minladdningen består af krut, i hvilket fall hylsan kan lämnas öppen upptill med endast en förkappning, som hindrar tändsatsens utfallande. Denna sats utgöres vanligen af en blandning klorsyradt kali och svafvelantimon eller ock bomullskrut. Vid de i Sverige för krigsbruk afsedda tändarna, efter grundliga försök konstruerade af kapten A. Zethelius, inneslutes tändsatsen i en särskild liten pappershylsa till förhindrande af omedelbar beröring med metallkapseln, hvilken i så fall skulle anfrätas af svaflet i satsen. Dessa tändare ha visat sig mycket pålitliga.

Den för glödtändningen nödiga strömmen alstras antingen af ett galvaniskt batteri eller af en liten magnet- eller dynamoelektrisk apparat. Af det förra slaget begagnas numera mestadels doppbatterier med kromsyreelement. Ehuru galvaniska

batterier nog äro mest pålitliga i fråga om tändningen, så användas dock vid ingeniörtrupperna, hvilka för sina talrika sprängningar måsta äga säkra och lätt transportabla batterier, vanligen tändapparater af det senare slaget. En dynamoelektrisk tändapparat är konstruerad af Siemens & Halske samt består af en enkel seriemaskin med dubbel-T-induktor och arbetar med tämligen hög elektrisk spänning. Den i induktorn utvecklade strömmen ledes till en början endast omkring elektromagneterna och utsändes i ledningen först då den nått sin största styrka. Detta sker genom tryckning på en knapp, som påverkar en strömvändare. Apparaten väger 28 kg. och kan bringa 36 cm. fin platinatråd till glödning, således samtidigt tända ett betydligt antal tändare, kopplade i serie efter hvarandra.

Den för svenska ingeniörtrupperna använda tändapparaten (fig. 330) är äfven dynamoelektrisk men, i olikhet med den nyssnämnda, konstruerad för låg spänning och hög strömstyrka, hvarför tändarna böra kopplas bredvid hvarandra, åtminstone då antalet är stort. Denna tändapparat är konstruerad af mekanikern Lundell i *Stockholm* och har äfven funnit mycken användning vid grufsprängning. Den består af en Siemens'-induktor, som roterar mellan skänklarna af en hästskoformig elektromagnet A, A. Induktorns rörelse åstadkommes genom en kuggstång C, som kan skjutas upp och ned i en hylsa å apparatlådan och hvars kuggar ingripa i ett å induktorns förlängda axel sittande kugghjul. Å motsatta änden af denna axel sitter en kommutator (strömvändare), hvars släpfjädrar stå i förbindelse dels med elektromagnetens trådlindning och dels med de båda på lådans öfre del befintliga polskrufvarna, hvari ledningstrådarna fästas. Förbindelsen mellan kommutatorns ena släpfjäder och motsvarande polskruf går genom en metallklack i lådans botten och genom en ofvan denna anbragt fjäder G, som framsläpper strömmen, då den nedtryckes mot klacken. Detta nedtryckande åstadkommes genom kuggstången, då den vid nedskjutandet når slutet af sin bana. Vid apparatens användning uppdrages kuggstången ur lådan så långt, som ett vid den nedre änden sittande spärrstift tillåter, och nedskjutes därefter hastigt till lådans botten. Därvid försättes induktorn i snabb rotation, men apparaten förblir tills vidare sluten

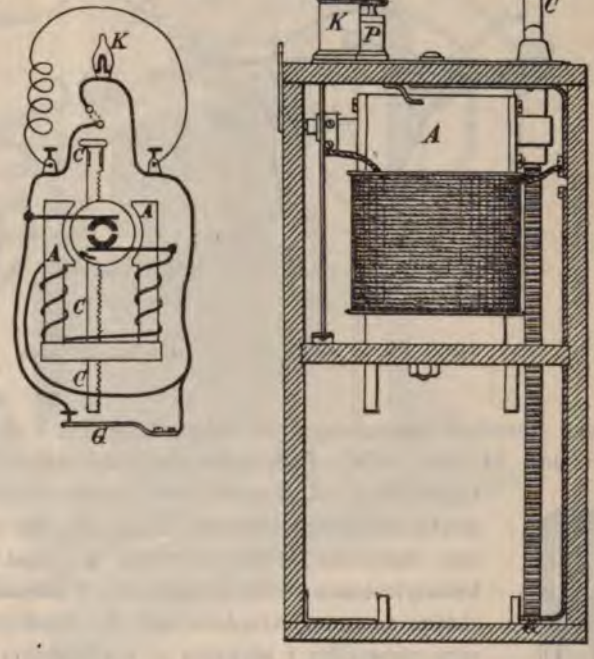


Fig. 330. Lundells dynamoelektriska tändapparat.

inom sig, d. v. s. strömmen går från induktorn endast genom magnetens trådlindning, alltjämt växande i styrka till följd af den genom rörelsen fortsatta excitationen. Först då stången nått slutet af sin bana och strömstyrkan sitt maximum, nedtryckes fjädern mot klacken, strömbanan till polskrufvarna slutes och strömmen utgår i yttre ledningen. K är en liten glödlampa för belysning, då apparaten måste användas vid mörker.

Glödtändningen har funnit vidsträckt användning och kan anses vara fullt pålitlig äfven vid ett stort antal tändare. Såsom exempel må anföras tändanordningen

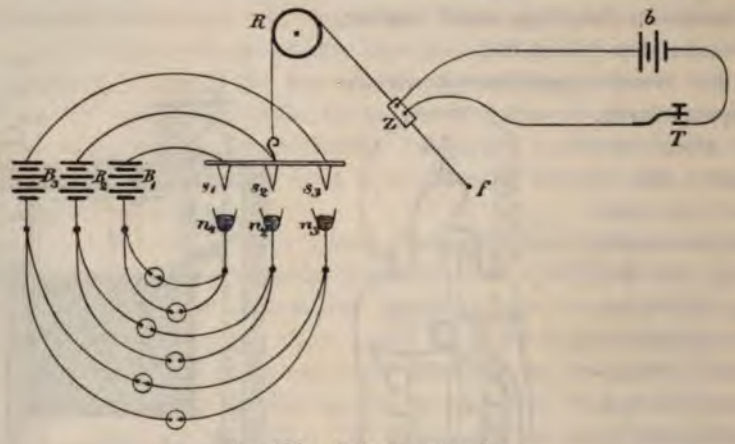


Fig. 331. Hellgate-sprängningen.

vid den storartade sprängningen af Hellgateklipporna i norra inloppet till New-Yorks hamn den 24 sept. 1876. Här skulle samtidigt tändas ej mindre än 3,680 minor, kopplade i 23 grupper med hvardera 160 tändare och för hvilka 23 starka galvaniska batterier B_1 B_2 B_3 (fig. 331) lämnade den erforderliga strömmen. Från hvardera af dessa batterier, bestående af 40 kromsyreelement, utgick ström till 8 grenledningar (i fig. äro endast två sådana antydda), hvardera med 20 seriekopplade tändare. Batterierna voro uppställda i närheten af sprängstället och kunde samtidigt slutas genom en strömslutareapparat, konstruerad af ingeniörerna Striedinger och Dörflinger samt uppställd på 730 m. afstånd. Denna apparat bestod af två horisontala plattor öfver hvarandra, hvaraf den undre hvilade på en ställning och den öfre hängde i ett snöre, löpande öfver en rulle, så att den kunde röra sig nedåt, styrd af en ram. Den undre plattan var försedd med ett antal små skålar, n_1 n_2 n_3, fyllda med kvicksilfver och motsvarande de 23 batterierna, samt hvardera genom ledningstråd förenad med hvar sitt af dessa batterier, från hvilkas motsatta ändar ledningen återgick till små mässingsstift i den öfre plattan, anbragta midt öfver hvar sin skål. Strömslutningen åstadkoms genom afslitande af den öfre plattans hängsnöre, och detta skedde genom sprängning af en därvid fäst dynamitpatron z, hvilken i gifvet ögonblick bragtes till explosion genom elektrisk ström från ett på långt afstånd från tändstället uppställdt batteri b, som sattes i verksamhet genom tryckning

Fig. 332. Gnisttändare.

på en strömslutareknapp *T*. Vid snörets afslitande nedföll öfre plattan, mässingsstiften neddoppades uti kvicksilfverskålarna, samtidigt slutande alla 23 batteriernas strömkretsar. Tändningen lyckades fullständigt, och samtliga minorna exploderade i samma ögonblick. En förnyad sprängning, som nio år senare företogs på samma ställe, lyckades äfven.

Vid *gnisttändning* använder man, såsom ofvan är nämndt, i stället för glödtråd den gnista, som vid ett litet afbrott i ledningen springer öfver mellan trådändarna, så vida strömmen har tillräckligt hög elektromotorisk kraft. Strömmen alstras antingen medelst s. k. elektricitetsmaskin eller med en kraftig induktionsapparat; afbrytningsstället omgifves af en tändsats, som af gnistan bringas till explo-

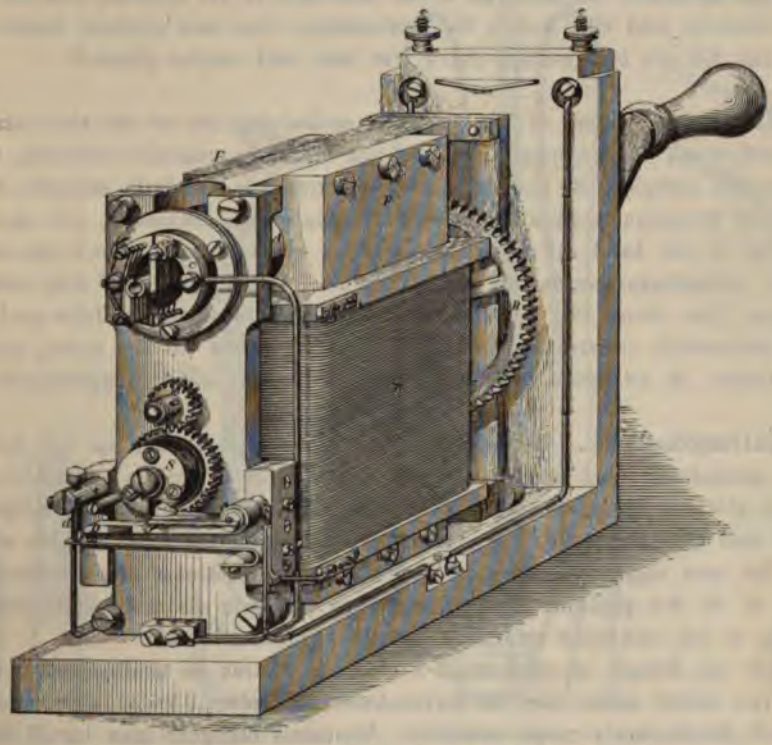


Fig. 333. Siemens & Halskes dynamoelektriska gnisttändare.

sion. Tändsats och trådändar inneslutas i en särskild tändare, fig. 332, hvars anordning är tämligen lik den vid glödtändningen beskrifna. Ledningstråden ligger i en propp af isoleringsmassa och bildar där innanför en liten bukt, som genomskäres med en fin fil. Tändsats och knallhatt omgifvas af en metallhylsa.

De för gnisttändning erforderliga friktions- eller induktionsapparaterna äro af flera olika typer. Af de förra användes inom österrikiska arméen en ganska förträfflig apparat, konstruerad af general v. Ebner, och hvilken kommit mycket i bruk. Den inneslutes i en lufttät låda, hvars inre hålles möjligast torrt genom klorkalcium och består af tvenne ebonitskifvor, som vid kringvridning gnida mot pälskuddar. Elektriciteten upptages af en särskild samlingsapparat och utsändes i ledningen genom tryckning på en strömslutarknapp.

Af induktionsapparater användes mest den af Siemens & Halske konstruerade »*dynamoelektriska gnisttändaren*» (fig. 333). Den består af en Siemens' induktor, som roterar mellan polerna till en stark elektromagnet och är till sin princip lik den vid glödtändningen beskrifna dynamoelektriska tändapparaten. Men elektromagneten och induktorn hafva mycket finare trådlindning, på det att strömmen må erhålla den för gnistbildning erforderliga höga spänningen, och dessutom förefinnes den väsentliga olikheten, att tändningen sker genom »extraströmmen», d. v. s. den, som uppkommer, då den först alstrade induktionsströmmen afbrytes. Detta sker automatiskt, just i det ögonblick då denna ström nått sin maximistyrka; den därvid uppkommande starka extraströmmen utslungas då i ledningen.

Från apparaten till tändarna består ledningen af väl isolerad, helst guttaperkaklädd, vattentät tråd eller kabel; för återledningen kan man använda blanktråd samt i vissa fall till och med jorden, ehuru icke med fullt samma säkerhet.

Härdning. Utom de nu omtalade användningarna af den elektriska strömmens glödverkan kan nämnas ännu en, som visat sig praktiskt förmånlig, nämligen härdning och anlöpning af fina *urfjädrar* och trådar. För detta ändamål inkopplas fjädern uti strömbanan, så att strömmen får genomlöpa densamma, och man har då fullkomligt i sin hand att noggrant bestämma temperaturgraden och kan med ögat iakttaga anlöpningsprocessen uti fullt dagsljus. Vid härdning af fina trådar låter man dem löpa öfver två metallvalsar, hvilka stå i sådan förbindelse med polerna till en strömkälla, att strömmen öfvergår från ena valsen till den andra, passerande genom tråden, så att denna bit för bit utsättes för den afsedda upphettningen.

Galvanokaustik. Den elektriska strömmens glödverkan har ock funnit vidsträckt användning inom *läkekonsten* och särskildt för kirurgiska ändamål. Sålunda användes glödtråd bland annat att bortbränna sjuka organdelar, hvilket tidigare verkställdes med glödgade järnstafvar. Äfven användes glödtråden att afsnöra en sjuklig del, i det man lägger en slinga af tråden omkring densamma och därefter åtdrager denna, så att den glödande trådslingan verkar skärande såsom en knif. Denna användning af den elektriska strömmen benämnes *galvanokaustik*.

För att bringa en platinatråd i glödning fordras en tämligen stark elektrisk ström, och därför måste man för galvanokaustiska ändamål använda särskilda batterier med jämförelsevis ringa motstånd. Mestadels begagnar man härtill kromsyreelement, hvilka hafva den fördelen, att strömmen kan regleras genom att neddoppa elektroderna mer eller mindre djupt.

För glödtrådens införande och anpassande mot det sjuka organet användes särskildt konstruerade handtag, fig. 335, försedda med fästskrufvar för ledningstrådarna, en strömbrytare samt en anordning för åtdragande af glödtrådens ögla vid sådana tillfällen, då det är fråga om att afsnöra sjukliga delar på sätt ofvan nämnts. I handtaget kunna insättas olika formade skaft, försedda med glödtrådar, anordnade så att det sjuka organet kan bekvämt åtkommas. Dessa brännare eller »galvanokaustiska knifvar», såsom läkarne kalla dem, äro alltefter olika ändamål formade på olika sätt (fig. 334—337). Vid de med G och H betecknade brännarna är glödtråden lindad kring en porslinskärna, som bringas i glödning samtidigt med tråden. Skaftet för brännaren består af två inbördes isolerade grofva koppartrådar, hvilka leda strömmen till glödtråden.

I detta sammanhang må nämnas, att man för behandling af vissa sårsjukdomar äfven börjat använda den elektriska strömmens värmeverkan utan afbrott under ett visst antal dygn. Hufvudsvårigheten har härvid varit att under hela denna tid vidmakthålla en bestämd och fullt konstant temperatur å det sjuka stället. Behofvet af en enkel och känslig samt fullt säker regleringsapparat för detta ändamål synes emellertid nu vara afhjälpt genom den ofvannämnda, nyligen uppfunna *elektrotermostaten*. Här må ock tilläggas, att man i städer med elektrisk belysning börjat att använda belysningsströmmen för sådana elektroterapeutiska ändamål. Då dess spänning om 100 till 110 volt emellertid mestadels är för hög, så sänkes den vid likriktad ström genom inkoppling af motstånd, hvaremot spänningsändringen vid växel-

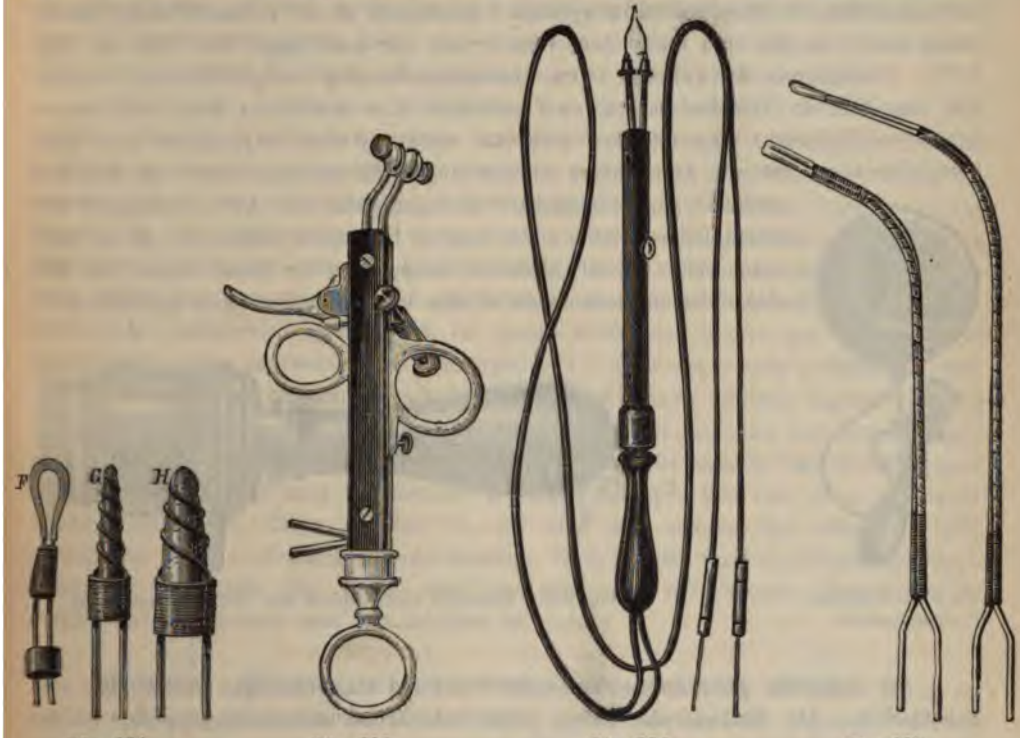


Fig. 334. Fig. 335. Fig. 336. Fig. 337.

Galvanokaustiska instrument.

strömsanläggningar åstadkommes medelst små transformatorer, till undvikande af energiförlusten i reostatmotstånden.

Man har äfven, exempelvis vid en klinik i Baden-Baden, användt vattentrycket hos vattenledningen att därmed drifva en liten turbin, verkande på en liten dynamomaskin. Då strömbehofvet endast är tillfälligt, så betyder det icke så mycket, att den sålunda vunna kraften faller sig något dyr. Metoden är föga omständlig, kan när som helst bringas till ögonblicklig användning och bör därför mestadels blifva billigare än att anskaffa särskilda batterier.

Elektriska cigarr- och gaständare äro en annan ganska fyndig användning af den elektriska strömmens glödverkan. Den förra består af ett stycke asbestpapp,

genomdraget med fin platinatråd. När tråden genom en elektrisk ström bringas i glödning, så inträffar detta äfven med en del af asbestpappet, så att man därpå kan tända en cigarr eller cigarrett. Glödkroppen innefattas i ett lämpligt handtag, vanligen försedt med en liten strömbrytare. Vid den i fig. 338 afbildade cigarrtändaren, som tillverkas af »Allgemeine Elektricitätsgesellschaft» i Berlin, befinner sig strömbrytaren uti en på väggen hängande låda och står i förbindelse med den krok, hvarpå cigarrtändaren hänger. Då tändaren aflyftes, slutes strömmen; då den åter upphänges, drager den genom sin tyngd strömbrytarhäfstången nedåt, hvarigenom strömmen brytes.

Enklare och säkrare är det af firman Rohrbeck & Grünwald i Berlin använda sättet att innesluta strömbrytaren i handtaget, så att strömmen slutes genom fingrarnas tryck, då man fattar den, men brytes, när man lägger den ifrån sig (fig. 339). Glödkroppen är anbragt i en glödlampsinfattning enligt Edisons system och kan sålunda bekvämt inskrufvas i handtaget eller utskrufvas därur, då ombyte behöfves. Elektriska cigarrtändare förbruka endast ytterst ringa ström, men man kan icke säga, att de hafva några anmärkningsvärda fördelar framför de bekanta gaständarna. Finsmakare på cigarrettområdet hylla emellertid den orientaliska åsikten, att man ej bör tända cigarretter på en låga utan blott på en glödande kropp, och för dessa rökare bör den elektriska cigarrtändaren således vara en välkommen uppfinning.

Fig. 338. Elektrisk cigarrtändare.

Fig. 339. Elektrisk cigarrtändare med strömbrytarehandtag.

Af elektriska *gaständare* finnes det två olika slag, nämligen glödtändare och gnisttändare. De förstnämnda hafva öfver brännarens utströmningsöppning en fin platinatråd, inkopplad i strömkretsen och hvilken vid strömmens slutande blifver glödande och tänder den utströmmande gasen. Vid första påseende förefaller denna anordning ganska ändamålsenlig, ty man kan ju därmed på en gång tända ett godtyckligt antal lågor. Den har emellertid först och främst det felet att ej vara fullt säker i sin verkan, och detta kan medföra den betänkliga följden, att gasen utströmmar ur en eller flera brännare, som ej blifvit tända. Därtill kommer, att hela inrättningen just icke är billig samt vid användning ger anledning till många förargelser. Slutligen förutsätter den, att man från ett och samma ställe kan öppna samtliga gasutloppen, ty om man först måste öppna kranen vid hvarje brännare, kan man lika gärna och på långt enklare sätt verkställa tändningen. Sistnämnda olägenhet har just varit orsaken till att elektrisk tändning ej kommit till användning för gatubelysning. Visserligen har man försökt åstadkomma gasbrännarnas öppnande och elektrisk tändning genom att förändra gastrycket, och enligt denna princip har framlidne professor Klinkerfues i Göttingen konstruerat en ganska

praktisk elektrisk tändapparat för gatlyktor, hvilken emellertid icke heller kommit till varaktig användning.

Bland gnisttändarna är det i synnerhet Clarks konstruktion, som funnit en ganska vidsträckt tillämpning. Denna afser dock ej att tända lågorna från afstånd utan endast att ersätta den vanliga gaständaren med ett ofarligt och alltid till hands varande redskap. Denna tändare har ett cylindriskt handtag, inneslutande en liten, mycket sinnrikt konstruerad elektricitetsmaskin, som försättes i verksamhet genom tryckning på en knapp. Den härvid uppkommande elektriciteten ledes genom en isolerad tråd till spetsen af ett från handtaget utgående metallrör och springer där i en ström af gnistor öfver till röret, hvilket tjänar såsom återledning. Rörets ände är genombruten, så att gnistströmmen framlöper blottad. Håller man spetsen af röret i den utströmmande gasen och samtidigt trycker på knappen, som sätter elektricitetsmaskinen i rörelse, så springa gnistorna öfver och tända lågan.

Aktiebolaget Inventor i Stockholm har fört i marknaden en *elektrisk gaständare*, som synes erbjuda afsevärda fördelar och äfven vunnit stor uppmärksamhet i utlandet. Den är af ingeniör E. Orlings patenterade konstruktion, grundad på samma princip som den vanliga elektriska ringklockan. Gasröret omslutes invid kranen af två elektromagneter med ankaren för kranens omställning. Då denna öppnas, vid strömmens slutande, åverkar det ena ankaret äfven en tändstång, som är böjd öfver gasrörets mynning och där afklippt samt försedd med platinaspetsar. I detta lilla mellanrum springer då en gnista öfver, som tänder den utströmmande gasen. Det hela omslutes af en mässingskapsel. Från apparatens polklämmor föra ledningstrådar till tryckknappar och batteri, hvilket senare vanligen utgöres af 4 st. Leclanché-element. Där gaslågorna äro lätt åtkomliga för hand kan antändningen ske helt enkelt genom gaskranens vridning; då behöfs således inga tryckknappar med ledningar. Men med användande af sådana knappar kan man äfven på större afstånd tända och släcka lågorna, ja, till och med samma låga från olika håll, exempelvis nere i förstugan tända samtliga lågor i hela trappuppgången och uppkommen i våningen åter släcka dem efter sig. Man har sålunda i detta afseende alldeles samma fördelar som vid elektrisk belysning.

Lödning, vällning och smältning med elektrisk ström. En af de intressantaste användningarna af elektrisk upphettning är för lödning, vällning och smältning af metaller; detta förfaringssätt har ock, genom flerfaldiga på senare tider utförda försök, i tekniskt afseende blifvit bragt till en viss fullkomning. Elektricitetens användande för lödning och vällning medför den väsentliga fördelen, att man därvid ej behöfver någon särskild lödmetall utan kan sammanlöda metallstyckena endast genom att bringa fogytorna till smältning, ett tillvägagående, som hittills ju endast varit möjligt med några få metaller. Dess nu vunna, allmännare användbarhet beror därpå, att man med elektricitetens hjälp förmår att vid löd- eller vällningsstället åstadkomma en så hög värmegrad, att metallen i viss mån blir flytande, så att de anliggande delarna under starkt tryck så att säga flyta samman. Vid upphettning i vanlig ässja skulle man ej kunna uppnå en så hög lokal värmegrad, ty den långsammare uppvärmningen skulle göra, att hela eller större delen af metallstycket till följd af värmets ledning slutligen finge vällhetta och började smälta. Det är det hastiga frambringandet af en hög temperatur inom ett begränsadt ringa område, som gifver den elektriska vällningen en viss betydelse. Äfven om resultatet

af denna uppfinning ej ännu är i alla afseenden fullt tillfredsställande, så har man dock anledning att däri se uppslaget till tekniska metoder, som lofva mycket för framtiden.

För närvarande känner man två olika förfaringssätt för elektrisk vällning af metaller. Vid det ena utvecklas värmet genom en ljusbåge, som får verka på vällytorna, och denna metod kan betecknas som *elektrisk lödning* i egentlig bemärkelse. Vid det andra förfaringssättet ledes den elektriska strömmen från det ena metallstycket till det andra genom själfva beröringsstället, och det jämförelsevis höga motståndet å detta ställe åstadkommer här en temperaturstegring, som bringar de närmast liggande metalldelarna i smältning, så att de *vällas* samman. Skillnaden i de båda förfaringssätten är alltså blott en yttre och beror därpå, att värmet i ena fallet tillföres utifrån men i det andra utvecklas i själfva metallen vid beröringsstället. Gemensamt för båda är, att föreningen sker genom själfva metallens sammanflytning och att alltså ingen lödmetall fordras, ehuruväl ett sådant bindemedel nog kan användas.

De första försöken med elektrisk lödning och förslagen till dess användning äro af gammalt datum, enär den tillfälliga, ej sällan oafsiktliga föreningen af två metallstycken uti ljusbågen iakttogs redan tidigt och rätt ofta. Den förste, som försökte att i vidsträcktare mån använda denna lödningsmetod, var de Benardos i S:t Petersburg, men hans metod synes icke hafva motsvarat de stora förhoppningar, som därpå grundades. Den består däri, att man låter en elektrisk ljusbåge inverka på skarfven, som skall hoplödas. Ljusbågen alstras mellan en såsom lödkolf anordnad kolstång och metallernas beröringsytor, hvarvid den intensiva hettan bringar dessa ytor i smältning, så att de förena sig. Man behöfver sålunda blott sätta det ena eller båda metallstyckena i förbindelse med den ena polen till elektricitetskällan och förena kolstången med den andra polen samt föra kolstången intill lödstället och därefter aflägsna den några millimeter därifrån. Då uppstår en ljusbåge, som på lämpligt sätt föres fram och åter öfver fogen. Vidstående bild, fig. 340, åskådliggör det ganska enkla förfaringssättet vid denna lödningsmetod.

Såsom elektricitetskälla är dynamomaskin mindre lämplig, emedan dennas belastning komme att växla hastigt och inom vida gränser. Då metallstyckena beröras med kolelektroden, växer strömmen hastigt och förblifver ganska stark, så länge ljusbågen fortfar, men sjunker vid dess slocknande plötsligt till noll.

Sådana stora och häftiga växlingar i strömstyrkan kunna hvarken dynamo- eller ångmaskiner rätt bra stå ut med. Därför använder man hellre för sådana lödningar ett ackumulatorbatteri, hvarvid man endast behöfver tillse, att kortslutningen mellan kolet och metallen ej räcker mer än ett ögonblick. Användningen af ackumulatorbatteri invecklar och fördyrar emellertid denna lödningsmetod, och redan detta är ett hinder mot dess allmännare användning. Detta hinder skulle dock väl kunna öfvervinnas, om ej därtill äfven komme, att beskaffenheten af den erhållna sammanfogningen lämnar mycket öfrigt att önska. Ljusbågen verkar nämligen endast på metallens yta och förenar endast ytterkanterna vid lödstället, medan de längre in belägna delarna genom den vid kanterna uppkomna föreningen undandragas ljusbågens inverkan. Af denna orsak har detta förfaringssätt endast visat sig lämpligt vid hoplödning af tunnare plåtar; det har exempelvis kommit till användning i en fabrik i Westfalen för tillverkning af plåtcisterner. Oaktadt därpå nedlagda stora kostnader och arbete har metoden likväl icke förmått vinna någon vidsträcktare användning.

och drömmen att kunna genom densamma undvika nitar vid ångpannor och järnfartyg har ej förverkligats. Därtill kommer, att ljusbågen orsakar en ofördelaktig

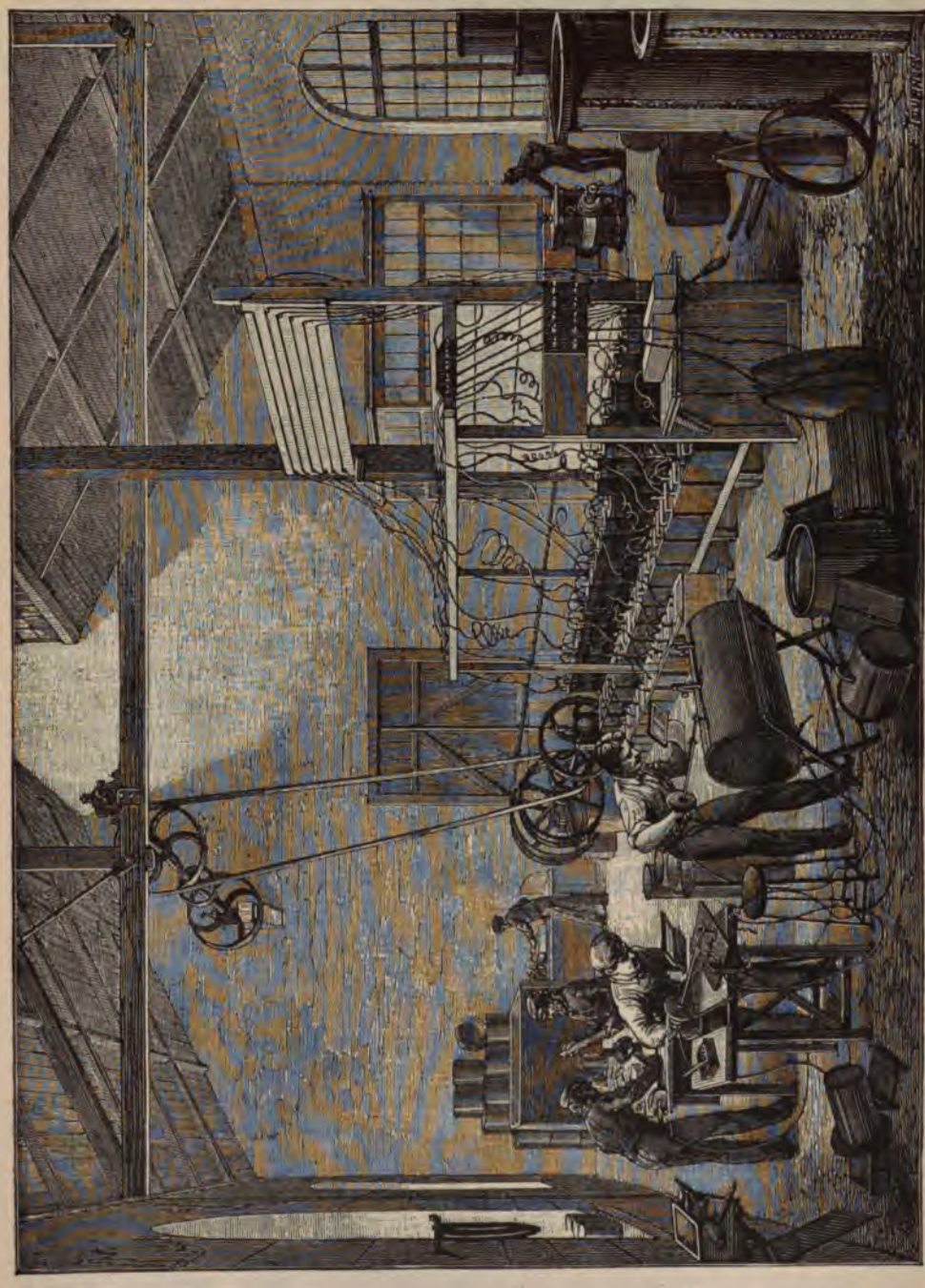


Fig. 340. Elektrisk lödning medelst ljusbåge.

förändring uti det upphettade järnet, nämligen så att metallen vid lödstället blir mindre hållfast än på de af ljusbågen ej påverkade delarna. I flera fall är denna

omständighet likväl utan betydelse; sålunda har man mångenstädes med fördel använt denna metod för att löda blyremsorna vid ackumulatorbatterier, i synnerhet vid tillfällen, då gasglödningsapparat ej kunnat användas eller varit att tillgå och batteriströmmen således erbjudit ett bekvämt ersättningsmedel.

En förändring i detta förfaringssätt består i att låta ljusbågen bildas fritt mellan två kolspetsar i stället för mellan metallen och en kolspets. För att i detta fall på lämpligt sätt bringa ljusbågen i beröring med lödstället låter man en kraftig magnetpol inverka på densamma. Om nämligen en ljusbåge närmas till en sådan pol, så kommer den, om man bär sig rätt åt, att bortstötas och skjuta ut åt sidan såsom en spetsig flamma, ungefär liknande den som uppstår under inverkan af ett blåsrör vid vanlig lödning. Denna lödflamma kan man nu låta verka på lödstället och vinner därigenom fördelen, att ljusbågen blir oberoende af metallen.

Fig. 341. Coffins elektriska lödapparat.

Detta förfaringssätt har blifvit användt af Coffin i Amerika, som därför konstruerat de i fig. 341 och 342 afbildade apparaterna. Den förra apparaten användes för mindre vällningsarbeten och särskildt för tillverkning af hjulringar. De båda kolspetsarna stå lutade mot och bredvid hvarandra. Till höger och vänster om dem befinna sig två elektromagneter i samma V-formiga ställning som kolstängerna, så att det hela bildar ett nedåt tillspetsadt system. Genom en häfstång föras kolstängerna nedåt, på samma gång som strömmen slutes. En enkel regleringsinrättning håller spetsarna på deras rätta afstånd inbördes och reglerar ljusbågen. Den andra apparaten (fig. 342) användes till hopvällning af gröfre metallstycken. Här äro två par kolstänger i verksamhet för att med små ljusbågar upphetta vällfogen. Sedan detta skett till erforderlig grad, drager man medelst en särskild mekanism kolstängerna tillbaka och sätter den å bildens midt synliga elektriska hammaren i verksamhet. Med kraftiga slag bearbetas fogen, så att metallstyckena fullkomligt förenas med hvarandra.

Mera lofvande än dessa förfaringssätt synes den elektriska vällningen vara, enligt den metod, som uppfunnits af professor Elihu Thomson från Lynn, Mass. (meduppfinnare till Thomson-Houston-dynamomaskinen). Detta förfarande grundar sig därpå, att två metallstycken, som under tryck beröra hvarandra, sammansmälta, om man leder en tillräckligt stark ström genom beröringspunkten. Det må

vara osagdt, om metallernas sammansmältning sker under fullständig öfvergång till flytande form eller endast genom sammansintring i halfflytande tillstånd. Då man emellertid iakttagit en öfvergång till flytande tillstånd, kan antagas, att föreningen sker genom en med den vanliga vällningen likartad process. Uttrycket *elektrisk vällning* synes därför icke oberättigadt.

Det som skiljer denna vällning från den mekaniska är, att nästan alla fasta metaller låta sammansvetsa sig medelst elektrisk ström, ja, att man till och med kan hopvälla stycken af olika metaller med betydligt skiljaktiga smältpunkter.

Vällningen kan antingen utföras med likström eller växelström, emedan strömmens värmeverkningar icke bero af dess riktning utan lika fullt uppträda vid växlande strömriktning. För svetsning af mindre stycken, hvilka fordra en jämförelsevis ringa strömstyrka, användes helst likriktad ström; hafva metallstyckena betydligare tvärskärning, så att man måste använda ström af tusentals eller tiotusentals ampère,

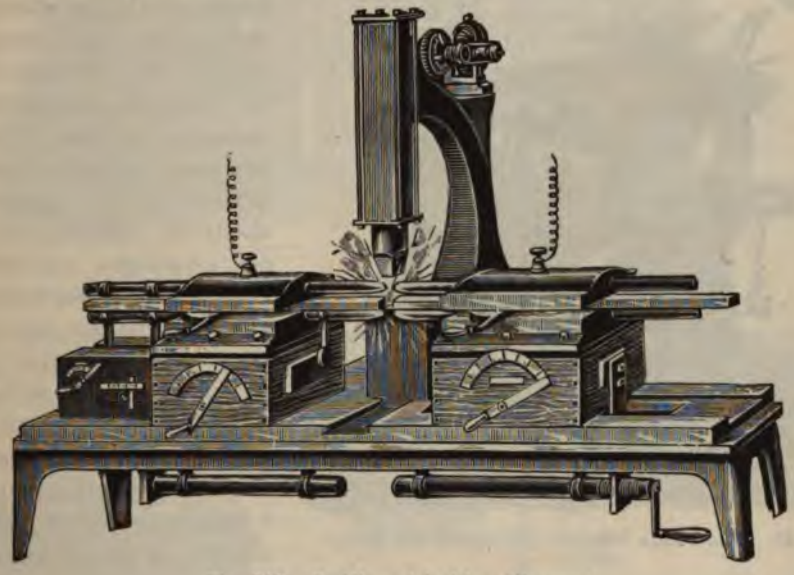


Fig. 342. Coffins elektriska vällapparat.

då äro alstringen och fortledandet af så stark ström förenade med alltför stora förluster, om icke strömkretsen kan göras möjligast kort. I sådant fall begagnar man växelström med hög spänning, som först vid användningsstället transformeras till ström af stor styrka med låg spänning. Vi skola längre ned ytterligare tala härom. En liten vällningsapparat för likström afbildas i fig. 343. Den är afsedd för mindre arbeten och särskildt för svetsning af järnstänger intill 12 mm. diameter samt består af en dynamo och en å dennas lagerbock anbragt bordskifva, försedd med klämmor för järnstängernas fästande. Dynamon är konstruerad för ganska stark ström men behöfver icke hafva stor elektromotorisk kraft, då det motstånd, som skall öfvervinnas, ju är ganska litet; redan vid måttlig spänning uppnås därför den erforderliga strömstyrkan, uppgående till omkring 2,000 ampère för 12 mm. tjocka järnstänger. De båda stängerna inspännas i klämtvingarna, så att deras ändar komma noga midt emot hvarandra. En af klämtvingarna kan förflyttas medelst ställskruf och den däri liggande järnstångens ände således tryckas tätt intill den andras. Klämtvingarna äro

isolerade från hvarandra samt förenade med hvar sin af dynamons poler. När strömmen påsläppes och genom klämmorna passerar stängerna, försättas dessa vid beröringsstället i glödning, till följd af ledningsmotståndet, och sammanvällas inom några sekunder under inverkan af trycket. Vällningen sträcker sig öfver hela tvärsnittet, så att stängerna icke, såsom vid den elektriska lödningen, hoplödas endast i några punkter eller sömmar. Detta beror på det egendomliga förhållandet, att ledningsmotståndet hos en metallisk ledare tilltager, i samma mån som temperaturen stiger. Om nu på det ställe, hvarest stängerna beröra hvarandra, strömmen är jämförelsevis starkare än i andra punkter, där beröringen är mindre fullständig, så upphettas detta ställe starkare och gör då större motstånd än de öfriga punkterna, hvaraf följden åter blifver, att strömmen å dessa senare växer i styrka och på samma gång deras värmegrad. På grund af detta förhållande fördelar sig värmeutvecklingen under vällningens förlopp likformigt öfver hela beröringsytan mellan järnstängerna och åstadkommer därigenom äfven en likformig hopvällning. Här försiggår sålunda en egendomlig självreglering af strömmens inverkan, i viss mån erinrande om det förut beskrifna förfarandet för utjämning af motståndet i glödlamporna. Under svetsningen har arbetaren föreningsstället omedelbart och väl belyst framför sig och kan sålunda noga följa dess fortgång och afslutning utan att besväras af den utvecklade hettan.

Fig. 343. Thomsons elektriska vällapparat för mindre arbeten.

Visserligen tager denna vällningsmetod ganska mycken kraft i anspråk — för de exempelvis nämnda 12 mm. tjocka järnstängerna åtgå ej mindre än 10 hästkrafter —, men dock endast under en tid af några sekunder; i nyssnämnda fall blott tio sekunder. Räknar man femtio sekunder för stängernas insättning och uttagande, så kan man utföra sextio vällningar i timmen, hvilket vida öfverträffar den hastighet, hvarmed mekanisk svetsning kan utföras, oafsedt att den elektriska metoden medger långt större renlighet. För rundjärn af 25 mm. tvärsnitt erfordras, enligt nyare mätningar, en kraftåtgång af 25 hästkrafter under 45 sekunder.

Svetsningar, åstadkomna enligt denna metod, lära vara oklanderliga och nästan lika starka som stängerna själfva. Så påstås det åtminstone af den fabrik, som äger patent på metoden. Denna har emellertid hittills icke funnit vidsträcktare användning i Europa utan endast förevisats såsom försök, hvadan man här ännu icke kunnat bilda sig en egen tillförlitlig mening i saken. I Amerika lär däremot den elektriska svetsningen användas inom åtskilliga industrier, exempelvis hjulfabriker.

Svetsning af gröfre metallstycken kräfver så betydlig strömstyrka, att denna icke med fördel kan uttagas från själfva dynamomaskinen, emedan antingen för mycken energi däri går förlorad eller ock dess motstånd måste göras alltför ringa och dimen-

sionerna för stora. Man använder därför en ström med hög spänning, som omedelbart före svetsningen transformeras till ström af stor styrka.

För detta ändamål begagnar professor Thomson den i fig. 344 afbildade apparaten, hvilken består af en transformator och den omedelbart där framför be-

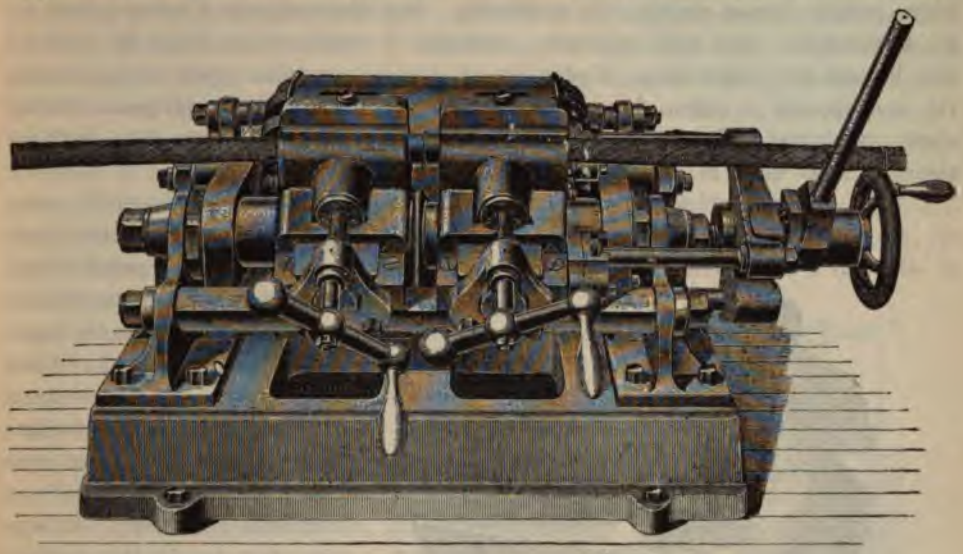


Fig. 344. Thomsons vällapparat för gröfre metallarbeten.

fintliga mekanismen för metallstyckenas fasthållande i strömbanan. Denna mekanism liknar i princip den nyss beskrifna, men alla ledningsdelar äro mycket gröfre med hänsyn till den utomordentligt höga strömstyrkan. Transformatorns sekundära lind-

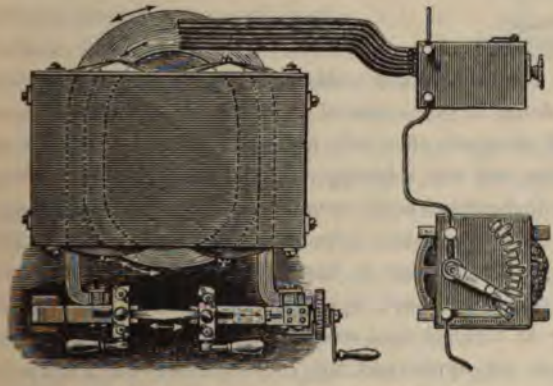


Fig. 345. Transformator för elektrisk vällning.

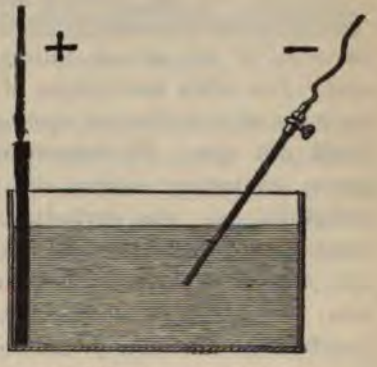


Fig. 346. Elektriskt hetsbad.

ning består af kopparlameller i ett enda hvarf; dess utseende och särdeles enkla förening med klämtvingarna framgår af fig. 345.

Å senaste Pariserutställningen förevisades en af de största apparater af detta slag, som hittills förekommit. Den till densamma hörande växelströmmaskinen alstrade en ström af 200 volts spänning och 120 ampère. Denna ström förvandlades genom transformatorn till en styrka af 24,000 ampère med en volts spänning. Med denna

oerhörda ström kunde man på en minut sammansvetsa järnstänger af 50 mm. diameter, ehuru därtill visserligen under tiden för svetsningen erfordrades 40—50 hästkrafter.

Ganska egendomligt är ett nyligen af Lagrange och Hoho i Bryssel uppfunnet förfaringssätt, hvilket afser metallföremåls elektriska uppvärmning till smidhetta men äfven medger dennas stegring till smälthetta. Det öfverraskande i denna metod är, att metallstycket, som skall upphettas, neddoppas i vatten och på några få sekunder däri bringas till hvitglödning. Under det att glödande metaller eljest vanligen svalna vid neddoppning i vatten, finner man här, att den kalla metallen därigenom blifver starkt upphettad. Detta åstadkommes genom den elektriska strömmen, hvilken, såsom vi strax skola se, därvid har en dubbel uppgift.

Om en metallstång t. ex. af järn, som är förenad med den negativa polen till en strömkälla, neddoppas i ett kärl med vatten, hvilket genom en bottenplatta af bly står i förbindelse med den positiva polen, så utvecklas i beröringsögonblicket vätgas invid stången, omgifvande denna såsom ett täckande lager, som helt och hållet skiljer stången från beröring med vattnet.

Fig. 347. Elektrisk smidesässja.

Detta omhölje är naturligtvis ytterligt tunt men gör icke desto mindre stort motstånd mot strömmens genomlopp. Strömmens öfvergång hindras emellertid icke utan inträder genast, då stången neddoppas. Men enär motståndet, som sagdt, är mycket stort vid strömmens öfvergång från metallen till vattnet, så äger här en värmeutveckling rum, så intensiv, att, oaktadt närvaron af det kylande vattnet, den neddoppade stångänden snart försättes i glödning. Den enkla anordningen af detta försök synes af fig. 346. Vid dess utförande användes ett kar eller en vanna af stengods eller trä, med $1^1/_2$ m. längd och $^3/_4$ m. bredd och djup. På bottnen eller vid ena sidoväggen finnes en blyplatta, hvilken genom en isolerad ledning står i förbindelse med strömkällans positiva pol. Såsom strömkälla kan man använda en likströmsdynamo eller ett ackumulatorbatteri. Det senare har fördelen att icke vara känsligt för de hastiga växlingar i belastningen, som orsakas af metallstyckets neddoppande och upptagande. Detta fattas med en tång, som genom en böjlig ledning är förenad med strömkällans negativa pol. Vattnet innehåller 10 till 20 % pottaska och bör uppvärmas till 70° C., vid hvilken temperatur den gynnsammaste kraftutvecklingen erhålles.

Hvad kraftåtgången beträffar, så hafva uppfinnarne genom mätningar funnit, att man vid 150 volts spänning och en strömstyrka af 5 ampère för hvarje kvcm. af föremålets i vattnet neddoppade yta uppnår hvitglödning på 8 sekunder, alltså inom mycket kort tid. Det använda järnstycket hade 20 mm. i genomskärning. Håller man ett sådant järnstycke längre tid i badet, så börjar det smälta och metallen droppar ned, liksom när man neddoppar ett vaxljus i hett vatten. Man ser sålunda, att detta upphettningsbad kan användas i stället för smidesässjan; den har

framför denna i alla händelser den bestämda fördelen, att upphettningen försiggår mycket hastigare och att sålunda en betydlig besparing i arbetstid vinnes. Detta jämte den omständigheten, att den allra största delen af kolen i den öppna smideshärden förbrinner utan nytta samt att elden medför flera olägenheter, såsom rök, sot, besvärande hetta och eldfarlighet, gör, att denna upphettningsmetod för smidesändamål synes både användbar och fördelaktig. Dock är det föga troligt, att sådan elektrisk upphettning snart nog skall komma till användande i hvarje smedja; endast uti större smidesverkstäder, där ett flertal härdar äro i verksamhet, kan det sättas i fråga, huruvida den elektriska upphettningen icke vore att föredraga. Fig. 347 visar utseendet af en sådan elektrisk smidesässja.

Elektrisk smältning af metaller. Den förste, som försökte använda den elektriska strömmens värmeverkan för sådan smältning, var Sir William Siemens. Härtill använde han ljusbågen, hvilken på ett tekniskt ganska primitivt sätt fick inverka på stålstycken. Siemens' apparat bestod af en degel (fig. 348), i hvars botten fanns ett polstycke af platina eller kol. Degeln fylldes med små stålbitar, hvilka sålunda kommo i ledande beröring med inledningselektroden, som stod i förbindelse med den positiva polen till en dynamomaskin. Maskinens andra pol stod i förbindelse med en kolstång, hängande lodrätt öfver de till smältning afsedda stålstyckena och berörande dem med sin undre ände. Vid strömmens slutande kom en automatisk regulator i verksamhet, hvarigenom kolstången höjdes några millimeter och en ljusbåge uppstod, hvilken genom regleringsinrättningen sedan alltjämt hölls vid makt.

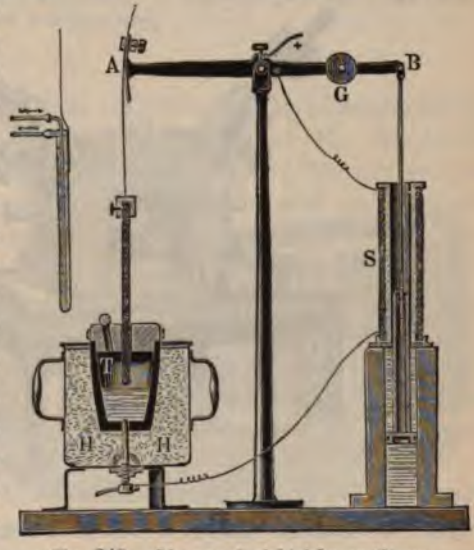


Fig. 348. Siemens' elektriska smältugn.

I senare tid har Taussig sökt medelst elektricitet smälta metaller i lufttomt rum och därigenom skydda dem mot oxidering genom luftens syre. Han använder icke ljusbågen såsom koncentrerad värmekälla utan har en degel med i dess vägg insatta elektroder och hvari smältgodset ifylles under form af kantiga stycken, så att de bilda en ledande förbindelse mellan elektroderna. Öfverallt, där endast två kanter af smältstyckena mötas, blir ledningsmotståndet större, och värmekoncentrering äger följaktligen rum, tillräcklig att alstra den för smältningen erforderliga hettan.

Men då en del af innehållet i degeln smält och öfvergått i flytande form, förbindande elektroderna med hvarandra, skulle — så tycker man — den elektriska strömmen lättare kunna komma fram genom den flytande massan och värmekoncentreringen i degeln af detta skäl minskas. Härvid kommer det emellertid väl till pass, att, såsom ofvan blifvit nämndt, motståndet hos ledaren växer, då temperaturen stiger; den flytande metallmassans motstånd har på grund af den starka upphettningen vuxit så betydligt, att ehuruväl den nu bildar en oafbruten brygga mellan elektroderna, så koncentreras likväl strömmens verkan i degeln därhän, att den af dynamomaskinen utvecklade energien till största delen frigöres såsom värme i smältrummet.

Vi vilja lämna därhän, huruvida de nuvarande kostnaderna för frambringande af elektriskt värme medgifva dess användning för metallsmältning, och det kan till och med betviflas, att den ekonomiska möjligheten härför ännu förefinnes i fråga om mindre värdefulla metaller. Men för de ädla metallerna torde man kanske kunna ifrågasätta att använda detta renliga och förlustfria smältningssätt, och därför kommer Taussigs smältugn måhända i en framtid att vinna större betydelse.

För svårsmälta ämnen hafva Ducretet & Lejeune nyligen konstruerat en elektrisk smältugn, som gifvit utmärkt vackra resultat och visat sig mycket fördelaktig, särskildt för användning i laboratorier. I princip är denna ugn likartad med den förut nämnda Coffins apparat, hvars bågeld här verkar på smältstyckena i degeln. Vid den höga temperatur, som utvecklas i ljusbågen, uppgående till nära 4,000° C., är det möjligt att bringa alla smältbara kroppar i flytande form; till och med så svårsmälta metaller som platina och krom smältas både lätt och hastigt i denna starka hetta. Denna ugn (fig. 349) består af en järnkista, klädd med en tjock beläggning af chamottsten samt försedd med isolerade kolhållare, hvari kolstängerna instickas, fasthållna medelst skruvar. I ugnens inre står en liten degel af eldfast material, innehållande de ämnen, som skola smältas, och kolstängerna ställas nu så, att ljusbågen kommer att utvecklas midt öfver degeln. Genom inverkan af en hästskomagnet pressas ljusbågen nedåt mot smältmaterialet, så att detta starkt upphettas. Den främre, öppna sidan af ugnen tillslutes med en skärm af mörkt glas, hvarigenom ljusbågen kan betraktas och smältningens fortgång iakttagas, utan att åskådarens ögon och ansikte behöfva lida af den intensiva glödhettan och ljuset.

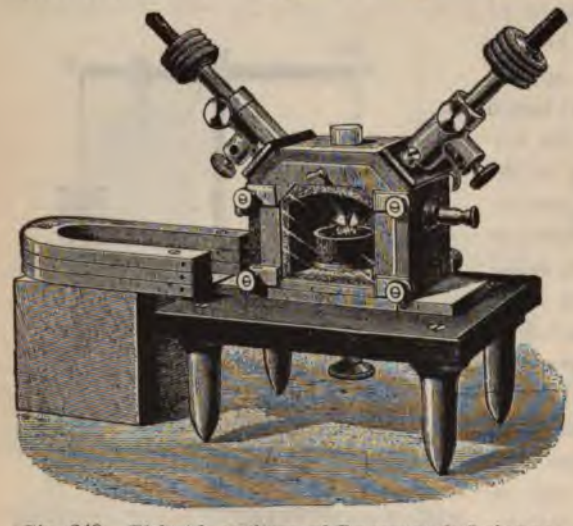


Fig. 349. Elektrisk smältugn af Ducretet & Lejeune.

I denna ugn uppnås en temperatur af nära 3,500° C., och denna hetta är tillräcklig att bringa alla smältbara kroppar till flytande form, ja, till och med att förflyktiga dem.

Noggranna studier med denna ugn hafva utförts i synnerhet af Moissan, som äfven lyckats att uti denna apparat framställa konstgjorda diamanter. Han smälte för detta ändamål järn tillsammans med kolpulver; kolet upplöses i det smältande järnet, men öfverskottet däraf afskiljes kristalliseradt vid järnets afsvalning. Efter flera försök lyckades det Moissan att erhålla genomskinliga kristaller af detta ämne, hvilka visserligen voro små men dock visade diamantens alla egenskaper. Man kan därför hysa den förhoppningen, att inom ej alltför långt aflägsen framtid diamanter skola kunna framställas på konstgjord väg. Om denna uppfinning äfven ej blifver så glädjande för innehafvare af briljantsmycken eller för juvelerare och kronans skattkammare, så skall den säkerligen hälsas välkommen af industrien, som därigenom kan erhålla ett utmärkt material för slipning, borrning och skärning.

VI. Elektriska motorer och deras användande.

Elektrisk och mekanisk energi. — Elektriska motorers konstruktion. — Växelströmmotorer. — Elektriska motorers reglering. — Elektriska motorers fördelar och användande. — Elektriska järnbanor, fordon, båtar m. m. — Elektrisk kraftöfverföring.

Elektrisk och mekanisk energi. Från beskrifningen af dynamomaskinerna är bekant, huru mekanisk energi kan förvandlas till elektrisk sådan. Man kan emellertid åstadkomma förvandlingen äfven i omvänd ordning och därvid begagna samma medel, nämligen dynamomaskinen. Om en sådan maskin genom mekanisk kraft försättes i rörelse, så omsättes denna kraft till elektrisk energi; om däremot elektrisk ström tillföres maskinen, så kommer maskinen också i rörelse och kan nu afgifva drifkraft. Detta omvandlingsförhållande utgör grunden för den s. k. *elektriska kraftöfverföringen;* den elektriska ström, som å en viss plats alstras af en genom där befintlig kraftmaskin drifven dynamo, fortledes nämligen till en annan mer eller mindre aflägsen ort för att där sätta i rörelse en eller flera elektriska maskiner. Den på förra stället befintliga krafttillgången kan sålunda förflyttas och fördelas till användande på det senare.*

Den dynamomaskin, som alstrar strömmen, benämnes *primärmaskin* eller *generator;* den andra åter, som mottager strömmen, *sekundärmaskin.* Då denna senare verkar som motor för frambringande af mekanisk energi, kallas den ock *elektrisk* motor eller kortare *elektromotor.*

Den elektriska strömmen kan visserligen åstadkomma flera olika mekaniska verkningar, men för praktiskt bruk är det blott en af dessa, som kommer i fråga, och det är därför endast med denna, som vi här komma att sysselsätta oss. Därvid sker, såsom af det föregående lätt kan inses, förvandlingen af elektrisk energi till mekanisk sådan med hjälp af magnetismen såsom mellanhand.

Att den elektriska energien lätt kan förvandlas till mekanisk energi är nog bekant för hvar och en, som sett hur en magnet drager till sig ett järnstycke. Då emellertid, som vi redan veta, en järnstång blir magnetisk, om en elektrisk ström ledes kring densamma, så kunna vi äfven med en sådan »elektromagnet» attrahera ett järnstycke, d. v. s. försätta detta i rörelse. Men denna rörelse skulle tydligtvis bli ganska kort och sluta, så snart järnstycket komme i beröring med mag-

---

* På senare tider har man i stället börjat använda uttrycket »*arbetsöfverföring*». Utan att här inlåta oss på frågan om skillnaden mellan *kraft* och *arbete*, eller huruvida det ena eller andra af de båda uttrycken må anses riktigast eller lämpligast, då det — såsom exempelvis här — skulle gälla öfverförandet af den på en viss ort alstrade elektriska energien till en annan ort att där användas, komma vi likväl att fortfarande begagna uttrycket *kraftöfverföring*, hvilket ock hittills varit mest begagnadt och bäst kändt. *Red.*

neten. För att åstadkomma en ständigt fortgående rörelse måste man, omedelbarligen efter denna beröring, afbryta strömmen, så att järnstycket — »ankaret» — släppes, därpå åter sluta strömmen, så att det å nyo attraheras, och sålunda genom upprepad strömslutning och -afbrytning hålla järnstycket i rörelse. Denna slutning och afbrytning kan öfverlåtas å strömmen själf, och på sådant sätt kan man erhålla en elektrisk motor af enklaste beskaffenhet, men dess användande som kraftmaskin lämnar mycket öfrigt att önska. Strömmen ledes genom ett fjädrande ankare och en detsamma berörande kontaktspets till elektromagneterna och därifrån tillbaka till strömkällan (fig. 350, hvarå den mellersta af de tre främre klämskrufvarna bör tänkas vara genom en metalltråd direkt förenad med den högra skrufven). Då ankaret neddrages af elektromagneten, afbrytes den ledande förbindelsen vid kontaktspetsen, således äfven själfva strömmen, magnetismen upphör, och det nyss attra-

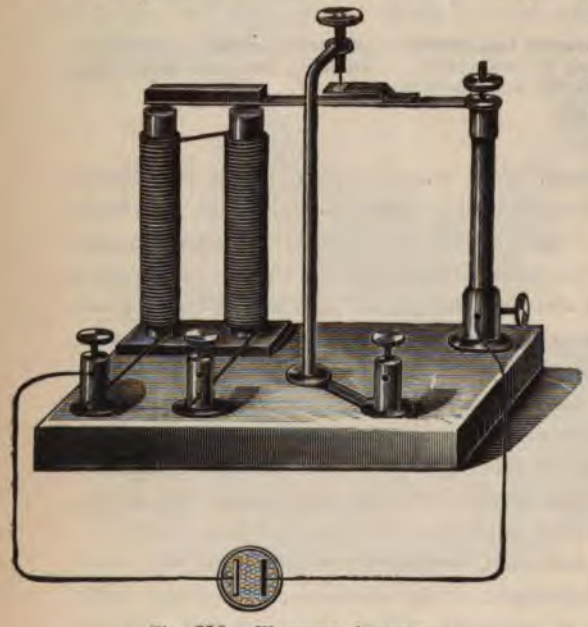


Fig. 350. Wagners hammare.

Fig. 351. Grüels elektriska motor.

herade ankaret lössläppes och föres genom fjäderkraften tillbaka i sitt förra läge. Därvid återställes beröringen med kontaktspetsen, och strömmen slutes å nyo, så att ankaret åter attraheras; detta kommer sålunda i en ständigt upp- och nedgående rörelse.

Denna lilla apparat, efter uppfinnaren benämnd *Wagners hammare*, användes fordom för åstadkommande af snabbt på hvarandra följande strömslutningar och afbrott. I våra dagar har den äfven för motoriska ändamål funnit den vidsträcktaste användning i den *elektriska ringklockan*.

Då man vill medelst elektrisk motor åstadkomma mekanisk drifkraft, eftersträfvar man emellertid icke att erhålla en fram- och återgående utan en kontinuerligt vridande rörelse. Visserligen möter det ej någon svårighet att förvandla den förra rörelseformen till den senare; så sker ock uti alla ångmaskiner. Med det nyss omnämnda vibrerande ankaret skulle man ju kunna förena en vefstång, verkande på en axel, som kringvreds med hjälp af ett svänghjul. Detta har också försökts flera gånger, och ett exempel härpå är Grüels elektriska motor (fig. 351). Ankaret står här snedt med ena kanten mot elektromagnetens jämnslipade polytor, men elektromagneten söker att åstadkomma fullständig anliggning med hela undre sidoytan.

Den härigenom orsakade rörelsen öfverföres till vinkelarmen, som följaktligen sätter axeln i rörelse. I lämpligt ögonblick afbrytes strömmen af den på axeln sittande strömbrytaren, svänghjulet återför ankaret i sitt förra, sneda läge, strömbrytaren sluter strömmen å nyo, och axeln med svänghjulet erhåller en ny stöt.

Nu är det emellertid vid en elektrisk motor alldeles icke behöfligt att först åstadkomma en fram- och återgående rörelse och sedan förvandla denna i vridningsrörelse; denna senare kan erhållas omedelbart, och detta är en stor fördel hos den elektriska motorn. Ty därigenom kan man undvika så väl de stötar och skakningar som äfven de kraftförluster, hvilka eljest uppkomma vid tunga maskindelars rotation. För att åskådliggöra detta med ett enkelt exempel återgifva vi en sådan *rotationsmotor* schematiskt i fig. 352. På en axel sitta två runda mässingsskifvor, inbördes förenade genom fyra parallelt med axeln och på samma afstånd från hvarandra liggande järnstänger. Vid axelns rotation passera dessa stänger tätt förbi polerna till en öfver dem befintlig elektromagnet. En med axeln förenad anordning för strömbrytningen (fig. 353) verkar så, att elektromagneten står i förbindelse med strömkällan endast så länge som en af järnstängerna befinner sig inom den åttondedel af omloppshvarfvet, som sedd från polerna ligger uppåt, men att strömmen och således äfven magnetismen upphör, då järnstången trädt ur detta läge, ända till dess, efter ytterligare ett åttondedels hvarf, den näst följande järnstången kommit inom den omloppssektor, som motsvarar elektromagnetens attraktion. Man kan nu lätt föreställa sig, huru rörelsen uppkommer: i början ligger en järnstång just vid inträdet i denna attraktionssektor, strömmen är sluten, och magneten attraherar denna stång, hvadan axeln vrides. Men så snart den attraherade järnstången kommer midt emot polerna, afbrytes strömmen. På grund af sin lefvande kraft fortsätter axeln emellertid att vrida sig, och strax därpå inträder den nästföljande stången inom attraktionsområdet, på samma gång som en ny strömslutning gör elektromagneten verksam. Genom dessa tätt efter hvarandra följande attraktioner af järnstängerna hålles axeln i snabb rotation. Apparatens verkan kan ökas därigenom, att man använder fyra elektromagneter i stället för en, så att attraktionen samtidigt verkar på alla fyra järnstängerna. Men äfven denna förbättring lider af ett väsentligt fel: attraktionen verkar blott under fyra åttondedelar af ett hvarf; under de andra fyra åttondedelarna kan den ej verka till att föra stängerna förbi polerna och in i den närmaste elektromagnetens kraftområde. Under halfva omloppstiden utöfvas således ingen mekanisk vridningsverkan.

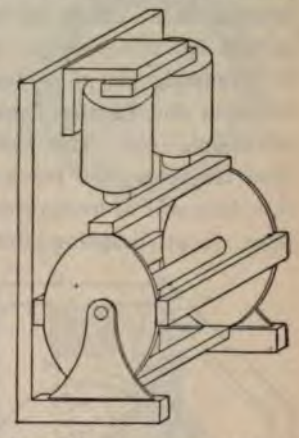


Fig. 352. Schematisk bild af en elektrisk rotationsmotor.

Fig. 353. Rotationsmotorns strömbrytare.

Detta fel kan emellertid afhjälpas, om man ersätter de enkla järnstängerna med elektromagneter; fig. 354 visar schematiskt, hur man på sådant sätt kan erhålla en kontinuerlig drifkraft. Den föreställer den nyss beskrifna apparaten, sedd från sidan men försedd med fyra magneter; vidare äro de fyra järnstängerna genom trådlindningar förvandlade till elektromagneter, och slutligen finnes på axeln en kommutator, som efter hvarje fjärdedels hvarf, just då de fyra rörliga elektromagneterna stå midt

emot de fasta, vänder strömmen hos de förra. De fyra fasta elektromagneterna hafva växlande poler, såsom bokstäfverna å bilden antyda, väl till märkandes, att man där ser blott den ena polen af hvarje magnet. På samma sätt ligga också de rörliga magneterna med växlande pollägen i den roterande induktorn. De fasta magneternas polstycken äro icke symmetriska utan hafva alla ett utsprång åt samma sida, och detta af följande skäl. Låtom oss antaga, att de rörliga magneterna i ett visst ögonblick ligga så som fig. 354 visar, d. v. s. att hvar och en af dessas poler befinner sig midt för en liknämnig pol af de fasta magneterna; i följd däraf kommer hvarje fast magnet att bortstöta den framför liggande rörliga magneten men attrahera den efterföljande med oliknämnig pol. Två sådana magneter ligga emellertid på samma afstånd från den fasta magneten, och induktorn skulle därför icke komma i gång, emedan attraktionen då vore lika stor åt hvarje sida. Genom utsprånget på polstyckena minskas afståndet åt ena sidan, så att dragningskraften åt detta håll verkar starkare. Därmed är attraktionens jämvikt upphäfd, och induktorn rör sig i samma riktning som visaren på ett ur, hvarvid repulsionen mellan de liknämniga polerna äfven hjälper till. Efter ett fjärdedels hvarf, då de oliknämniga polerna ligga midt framför hvarandra, vänder kommutatorn strömmen i de rörliga magneterna och följaktligen dessas polaritet, så att motstående poler å nyo blifva liknämniga, liksom vid rörelsens början. De rörliga magneterna sträfva nu till ett nytt läge och vrida sig vidare, alltid på samma sätt, utan att komma till hvila, emedan polväxlingen åter för dem vidare, så snart de uppnått de attraherande polerna.

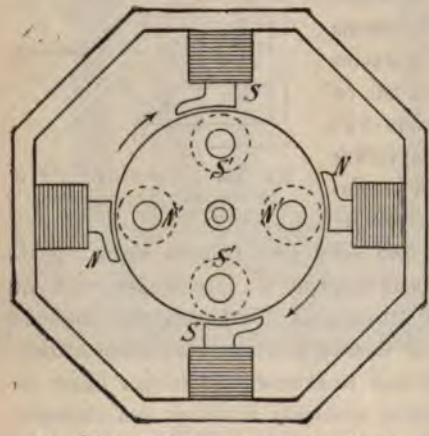


Fig. 354. Rotationsmotor med oafbruten strömverkan.

Strömmen verkar sålunda *oafbrutet*; därmed hade konstruktionen redan kommit ett stycke på vägen till den nuvarande elektromotorn. Den förste, som använde elektromagneter och polväxling i ett system, var Jacobi, som i november 1834 konstruerade en sådan maskin, afbildad i fig. 355. Med en sådan elektrisk motor dref han 1838 den redan i vår inledning omnämnda lilla båten, men därtill behöfdes ett batteri, bestående af ej mindre än 320 zinkkopparelement, sedermera utbytta mot 64 Grove-element. Jacobis konstruktion var i princip en af föregångartidens bästa, och de många afarter, som därefter sett dagen, äro på långt när icke så intressanta som denna ryska ättefader af de elektriska motorernas släkt. Magneterna uti Jacobis motor äro mycket bättre anordnade än vid Pages, Stöhrers och andra efterföljares motorer. På elektroteknikens nuvarande ståndpunkt skulle man kunna bygga en elektromotor efter Jacobis typ med mycket tillfredsställande arbetsförmåga, och i själfva verket äro våra moderna växelströmmotorer endast förbättringar af denna typ.

De *nuvarande* elektromotorerna återgifva dynamomaskinen i alla dess typer, ty elektromotorn är i princip fullständigt identisk med dynamomaskinen. Detta inses lätt, om man närmare betraktar strömförloppet och magnetiseringsförhållandena i en dynamo med Grammes ring. Om man i en sådan ring (fig. 356) låter en elektrisk ström komma in på ett ställe af lindningen och ut på den diametralt motsatta punkten,

så delar sig strömmen i två grenar, af hvilka den ena går genom den öfre, den andra genom den undre ringhälften. De båda hälfterna af järnkärnan blifva, som vi veta, därvid magnetiska; att de äfven polariseras på samma sätt, inses lätt, om man tänker sig dem något skilda från hvarandra men utan förändring af lindningen (fig.

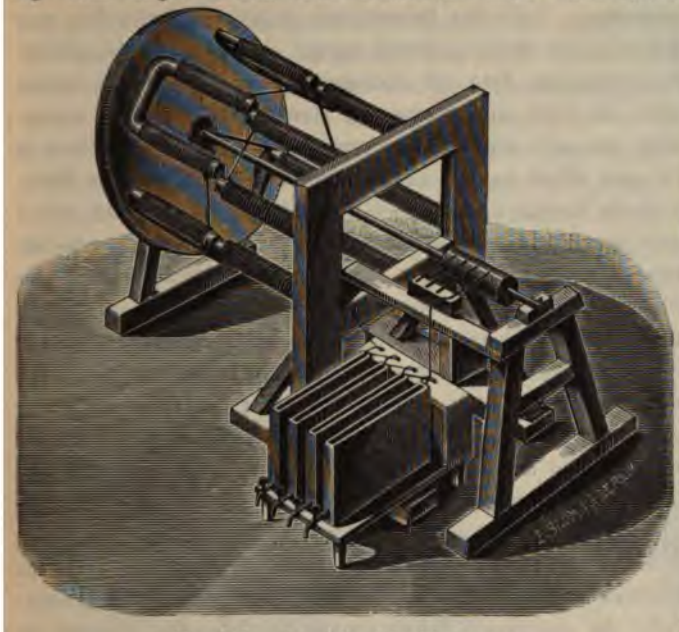


Fig. 355. Jacobis elektriska motor.

Fig. 356.
Strömförgrening i Grammes ring.

357). Strömmen kretsar omkring de båda järnkärnorna i motsatt riktning mot visaren på ett ur; alltså bilda de båda vänstra ändarna nordpoler, de båda högra sydpoler. På hvarje ställe, där de båda ringhälfterna stöta tillsammans, uppkommer sålunda en magnetisk pol, emedan här två liknämniga poler sammanträffa. Om en elektrisk ström ledes genom en Grammes ring, så att in- och utgångspunkterna ligga diametralt midt emot hvarandra, så blifva dessa punkter ringens magnetiska poler.

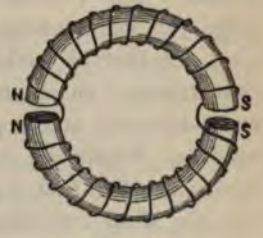


Fig. 357.
Grammes ring som dubbelmagnet.

Om man nu till höger och vänster om dessa poler anbringar fasta magnetpoler invid ringen, så bortstötes nordpolen från den motliggande fasta nordpolen och attraheras till sydpolen; detsamma sker vid sydpolen, hvadan följden måste blifva, att ringen vrider sig. Därvid komma olika afdelningar af dess lindningar hvar efter annan i förbindelse med de fasta punkter, där strömmen går in och ut; polerna ändra således visserligen lägen å själfva ringen, i mån af dennas vridning, men förblifva fasta i förhållande till rummet.

Man inser nu lätt, att denna anordning, hvarigenom elektrisk energi kan förvandlas till mekanisk sådan, är lika med den, som förekommer i dynamomaskinen, och att alltså samma maskin, som kan mottaga mekanisk kraft, för att alstra elektrisk ström äfven kan användas till motsatsen, d. v. s. att förvandla elektrisk energi till mekanisk kraft.

Häraf förklaras ännu en viktig sak. Låter man en dynamomaskin arbeta som motor, så roterar dess induktor; maskinen går alltså äfven som dynamo. Men då en dynamo är i gång, uppstår som bekant i dess induktor en elektromotorisk kraft. Frågan är nu, om denna elektromotoriska kraft arbetar i samma eller i motsatt riktning med den tillförda strömmen. Vore det förstnämnda fallet, så skulle den som motor löpande dynamomaskinen äfven alstra elektrisk energi, och denna skulle, gående i samma riktning som matareströmmen, flyta till strömgeneratorn, således öka dennas strömalstringsförmåga, hvadan de båda med hvarandra förenade maskinerna, understödjande hvarandra, alltmer och mer skulle stegra strömenergien utan påverkan af mekanisk kraft. Här skulle man alltså ha ett »perpetuum mobile», ja, mer än detta: en maskin, som af intet skulle kunna i oändlighet alstra kraft. Men detta står i uppenbar strid med fysikens grundlagar, och däraf måste vi draga den slutsats, att den genom induktorns rörelse i motorn uppväckta elektromotoriska kraften icke kan vara likriktad med matareströmmen utan måste vara af motsatt riktning.

Men den måste tydligtvis vara mindre stark än denna ström, ty eljest skulle ju ingen rörelse kunna uppkomma. Strömgeneratorn och motorn kunna anses som två mot hvarandra kopplade element (jfr fig. 24). Om nu elementet generator hade svagare elektrisk kraft än elementet motor, skulle detta senare sända elektrisk energi till den förra, men då motorn icke åverkas af någon yttre kraft, så kan han icke uppväcka någon ström utan måste förbruka sådan. Icke heller kan motorns elektromotoriska motkraft vara lika med generatorns elektromotoriska kraft, ty då skulle denna icke kunna afgifva någon ström till motorn och denna senare alltså förblifva overksam. Den elektromotoriska motkraften måste därför vara mindre än generatorns elektromotoriska kraft; då emellertid denna senare uti ledningen förlorar en del af sin spänning, så är nämnda motkraft till och med mindre än den vid motorns polklämmor rådande spänningen. Tillfälliga undantag härifrån kunna naturligtvis förekomma, om generatorns elektromotoriska kraft plötsligt sjunker, under det att motorn till följd af induktorns lefvande kraft ännu en stund fortsätter sin rörelse, och sålunda i själfva verket elektricitet alstras af den mekaniska energien, som finnes kvar i den roterande induktorn.

En likartad motkraft finnes emellertid äfven hos en dynamomaskin. Då strömmen kretsar i en sådan maskin på samma sätt som i en motor, så måste dynamon vid strömalstringen arbeta på samma sätt som en motor. Men den utaf dynamon i denna egenskap frambragta mekaniska kraften kan icke vara likriktad med den, som dynamon erhåller från ångmaskinen, ty i sådant fall skulle denna senare kraft förstärkas; den går alltså i motsatt riktning, d. v. s. sträfvar att draga remmen åt motsatt håll mot ångmaskinens dragning.

Denna från dynamomaskinen härrörande motkraft, multiplicerad med remhastigheten, representerar det af dynamon använda arbetet för åstadkommande af elektrisk energi. På samma sätt bestämmer äfven den inom elektromotorn alstrade motkraften, multiplicerad med strömstyrkan, den af motorn använda strömenergien för frambringande af mekaniskt arbete; hvad som därutöfver tillföres honom går förloradt i ledningarna och uppträder som värme. Sammalunda går det vid ångmaskinen använda arbetet, som icke upptages af dynamomaskinen, förloradt i friktion i lagren etc.

Elektriska motorers konstruktion. I elektriskt afseende skilja sig elektromotorerna endast i vissa detaljer från dynamomaskinerna; i fråga om de mekaniska

anordningarna är olikheten ofta större, på grund af det särskilda ändamålet. I början använde man nästan alltid befintliga dynamomaskiner äfven för motoriska ändamål, till dess särskilda motortyper småningom utvecklade sig, hvilka dock i allt hufvudsakligt anslöto sig till gifna dynamotyper.

Vid denna konstruktiva utveckling af den elektriska motorn hafva särskildt amerikanerna inlagt stora förtjänster; ända till senaste tid hafva de gått i spetsen på detta område, och i jämnbredd med denna utveckling har, helt naturligt, elektromotorn i Amerika funnit en användning och spridning, som numera är utomordentligt stor. Men äfven i Europa har elektromotorn under senare år fått en allt vidsträcktare användning, och denna är stadd i oupphörligt stigande. Hvad angår det tekniska utförandet kan också den europeiska tillverkningen, särskildt den tyska, numera fullt ut mäta sig med den amerikanska. Äfven vårt land kan emellertid numera uppvisa goda motorkonstruktioner, hvarför den svenska tillverkningen på detta område står i jämnbredd med de större kulturländernas.

Då det redan finnes mer än ett hundratal olika konstruktioner af elektromotorer, måste vi inskränka oss till att omtala endast några af de mera karakteristiska.

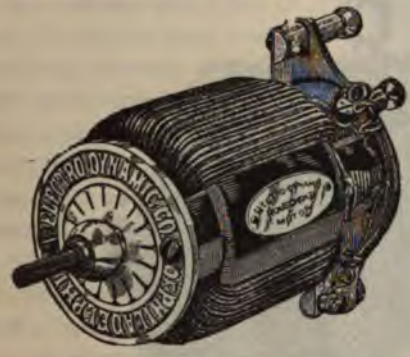


Fig. 358. Griscom-motor.

Fig. 359.
Liten amerikansk motor.

Vi göra då början med några små motorer, som man nästan skulle vilja kalla leksaksmaskiner men som väl kunna vara lämpliga att drifva symaskiner eller andra mindre arbetsmaskiner. Mest bekant bland dessa är den för 10 år sedan mycket omtalade *Griscom-motorn* (fig. 358). Den består af ett kort järnrör, som genom två trådlindningar förvandlas till en dubbel elektromagnet. De båda polerna ligga på de ställen af röret, som icke beröras af trådlindningarna. Hvardera änden slutes af en mässingsplatta, som tillika utgör lager för den inuti röret roterande Siemens' induktorns axel. Strömmen tillföres induktorn medelst små trissor, som rulla öfver en på axeln anbragt kommutator. Hela motorn är icke mer än 10 cm. lång och väger blott 1,140 gram. Begagnas som strömkälla ett batteri af sex kromsyreelement, med en kv.-dm. zinkyta hvardera, så kan denna lilla motor förrätta ett arbete af 138 kilogr.-meter i minuten. För drifvande af en symaskin passar bäst en hastighet af 900 hvarf i minuten.

En liknande motor afbildas i fig. 359. Fältmagneten består af ett ringformigt järnställ med 4 trådspolar, är således 4-polig. Induktorn utgöres af 4 radiala magneter, med omväxlande poler. En kommutator vänder strömmen, hvarigenom induktorn hålles i fortgående rörelse på samma sätt som uti Jacobis motor.

Det finnes en mångfald af sådana små elektromotorer af de mest olika former; de hafva emellertid icke vunnit någon egentlig praktisk betydelse och kunna därför

här förbigås. Större maskiner kunna icke konstrueras på liknande sätt, ty förlusterna bli då för stora. Detta kommer sig, dels däraf att magnetismen icke fullt tillgodogöres, emedan en stor del af kraftlinierna gå förbi induktorn, dels och ännu mera däraf att induktorn är gjord af massivt järn. Vid beskrifningen af dynamomaskinerna är omtaladt, att då de genom en massiv järninduktor gående kraftlinierna växla riktning, strömmar uppstå, hvilka upphetta induktorn och beteckna en förlust i maskinens kraftutveckling. Hvad som gäller för dynamomaskinen har äfven giltighet för den elektriska motorn, och därför måste man vid

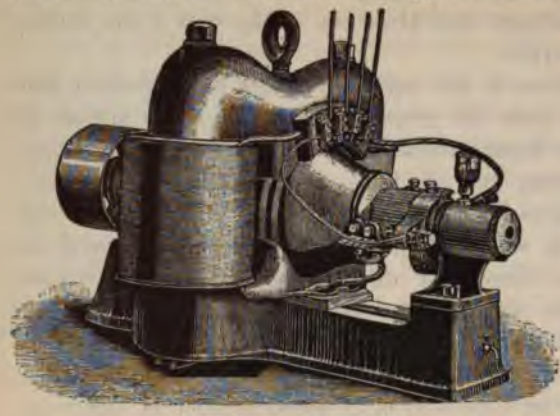


Fig. 360. Sprague-motorn.

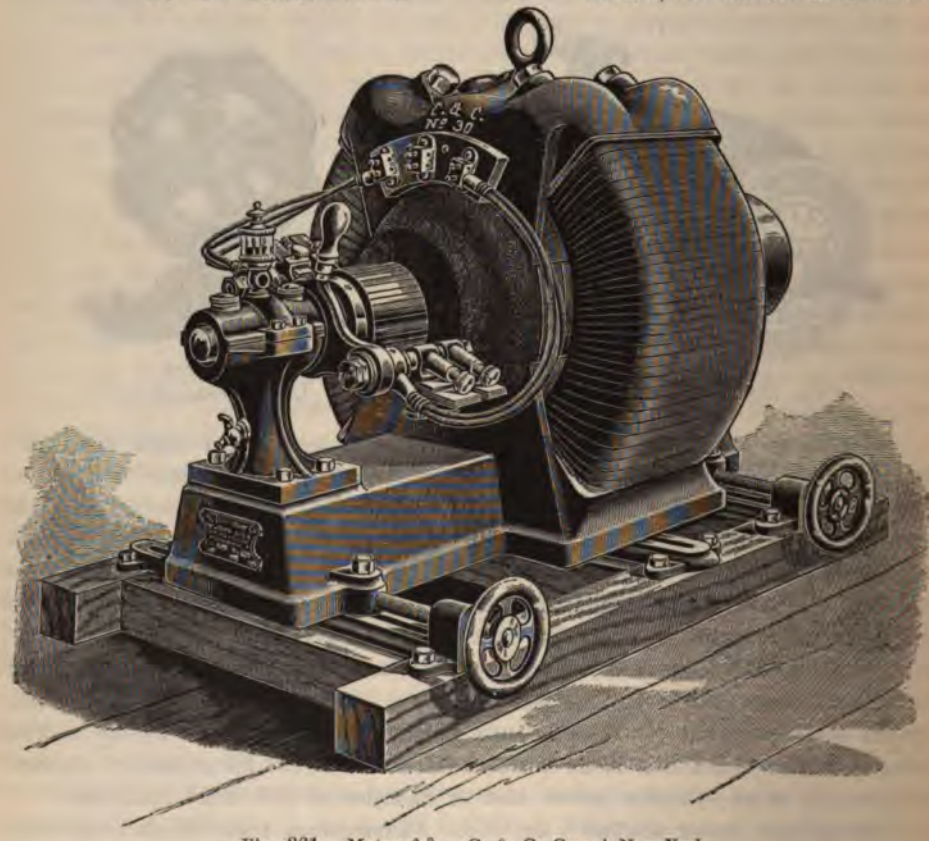


Fig. 361. Motor från »C. & C. C:o» i New-York.

sådana motorers konstruktion beakta den erfarenhet, som vunnits från dynamomaskinen. I stället för stjärnformiga induktorer använder man därför äfven till sådana motorer ring- och truminduktorer, hvilkas poler icke plötsligt växla utan rotera i oafbruten cirkel och därvid alltid förblifva i närheten af fältmagneternas poler, så att den största möjliga

attraktion mellan induktorn och fältmagneterna erhålles. — För en sådan polförskjutning erbjuder Grammes kollektor den bästa anordningen, och därför finner man det allra största antalet likströmsmotorer vara utförda enligt dessa grunder. Att man för öfrigt äfven kan använda strömomkastningsprincipen, därpå är Brushs motor ett exempel. Den är alldeles identisk med den i fig. 70 afbildade Brush-maskinen, hvars konstruktiva företräden äfven göra sig gällande vid dess användning som motor. Härvid är det en särskild fördel, att maskinen kan upptaga (liksom ock alstra) strömmar af hög spänning, hvilket är af stor betydelse i sådana fall, då strömmen skall ledas någon längre väg.

I det följande skola vi endast sysselsätta oss med sådana likströmsmotorer, hvilka äro konstruerade efter Pacinotti-Grammes eller von Hefner-Altenecks principer; hvad angår konstruktionsdetaljerna kunna vi därför hänvisa till hvad som blifvit sagdt om motsvarande dynamomaskiner och inskränka oss till att omnämna de för motorns ändamål ifrågakommande, mera anmärkningsvärda egendomligheterna.

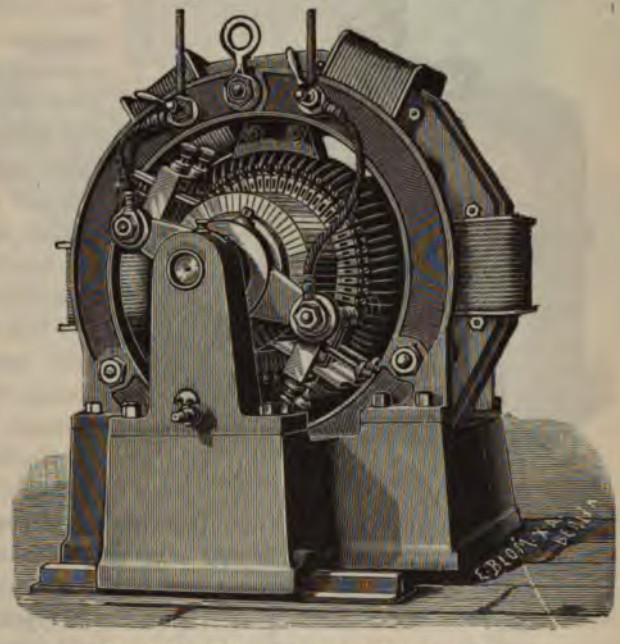


Fig. 362. Rikers motor med långsam gång.

Bland amerikanska motorer ha vi då att först omnämna *Sprague-motorn*, hvilken på grund af sina goda egenskaper funnit vidsträckt användning i Förenta staterna. Frank Sprague är en framstående elektrotekniker och har skapat många goda motor-konstruktioner. För stående motorer använder han den mycket ändamålsenliga Manchestertypen (fig. 360), hvars ringa höjd och solida konstruktion gjort den särdeles lämplig för motoriskt ändamål.

En annan motor med stor spridning i Amerika är den, som tillverkas af bolaget »*C. & C. Electric Motor C:o*» i NewYork (fig. 361). I själfva verket är denna motor äfven af Manchestertypen, men de båda fältmagneterna äro sammanböjda till en ring. Detta torde dock näppeligen vara någon fördel eller lättnad vid tillverkningen men gör, att maskinen »ser bra ut». Induktorn är af trumkonstruktion liksom uti Spragues motor.

I likhet med dynamomaskinerna kunna äfven motorerna vara flerpoliga. En sådan är Rikers motor (fig. 362), som också har fältmagneterna sammanförda till en ring. Polstyckena äro förenade med de af tunna järnplåtar sammansatta förbindningsstyckena mellan magneterna och omsluta det inre rummet, hvari en Grammes ring af relativt stor diameter roterar. Genom denna förstoring af induktorn vill Riker vinna en långsam gång af motorn, och detta ändamål är ingalunda oviktigt. Elektromotorer af äldre konstruktion behöfva nämligen i allmänhet stor omloppshastighet, i likhet med dynamomaskinerna, för att kunna alstra den erforderliga elektromotoriska

motkraften. Men härvid uppkommer det missförhållandet — äfvenledes i likhet med förhållandet vid dynamomaskinerna —, att den för användande af motorns drifkraft erforderliga omloppshastigheten i allmänhet bör vara betydligt mindre. Det blir då nödvändigt att begagna remskifvor af mycket olika diametrar, ja, ofta till och med att insätta mellanaxlar. För åstadkommande af högsta verkningsgrad arbeta medelstora motorer i allmänhet med en hastighet af 800—1,200 slag i minuten, mindre motorer med 1,000—2,000 slag. Då denna hastighet vanligen icke passar väl tillsammans med de hastigheter, man vill gifva åt transmissionerna, måste man ofta betydligt reducera motorernas hastighet genom rem- eller kugghjulsutväxling. I detta förhållande och däraf följande olägenheter hafva motståndarne till den elektriska motordriften funnit en anledning att motarbeta densamma.

Fig. 363. Forée Bains motor.

Riker sökte därför minska hastigheten genom samma medel, som för liknande ändamål användts vid dynamomaskiner, nämligen att gifva induktorn en jämförelsevis stor diameter. Han lyckades också därigenom nedbringa hastigheten till 500 slag i minuten. På senaste tid hafva konstruktörerna emellertid kommit ännu längre i denna riktning utan att därför behöfva minska verkningsgraden.

Af de amerikanska typerna må slutligen omnämnas ännu en motor, af Forée Bain (fig. 363), konstruerad enligt Lahmeyer-typen. Dess fältmagneter bestå af tunna, tätt liggande och inbördes isolerade järnbleck, sammanhållna medelst bultar och massiva sidoplattor, hvilka senare äfven utgöra lagerstycken för induktorn. Kollektorborstarna utgöras af platta kolskifvor, inslipade i lämpliga borsthållare. Sådana »kolborstar» användas numera allmänt med stor fördel å elektromotorer; de slita kollektorn mindre än kopparborstar och hålla den ständigt blank. Väl slipade, åstadkomma de mindre gnistbildning än andra borstar samt medgifva i allmänhet fram- och backrörelse hos motorn utan något slags omkastning af borstläget.

Från tyska firmor ha de senare åren utgått ett stort antal mycket goda motorkonstruktioner. Den första firma, som byggde motorer i Tyskland, var den bekanta firman Siemens & Halske, som 1879 utförde den första elektriska järnväg i världen och därvid använde en af sina dynamomaskiner som motor. Vid sedermera af denna firma utförda elektriska banor ha de för detta ändamål använda motorerna på lämpligt sätt förändrats. Siemens & Halske ha i allmänhet icke konstruerat maskiner endast afsedda till elektromotorer utan användt samma maskiner så väl till motorer som generatorer. Undantag härifrån göra motorerna af de i fig. 364 och 365 afbildade typer, hvilka endast användas såsom sådana och för små kraftbehof. Fältmagneterna i den förra bestå af en enda elektromagnet, hvars halfmånformiga polstycken omsluta en Grammes induktor. De båda lagren befinna sig på samma sida om induktorn, lagda i samma stycke, så att induktorn sitter sväfvande på axeln. Till denna motor användas endast kolborstar. Den tillverkas i storlekar från 0,1 till 1 hästkraft och har funnit vidsträckt användning för små ventilatorer o. d.

Den i fig. 365 afbildade motorn har dubbla elektromagneter, som i det närmaste helt och hållet omsluta så väl induktorn som kommutatorn; induktorn är af Grammes system med många spolar men ett fåtal trådhvarf. Kollektorn har också många lameller, hvadan gnistbildningen är ringa. Kolborstarna inställas en gång för alla, äro fasta och så beskaffade, att de icke alls angripa kollektorn. Axeln är lagrad i själfva magneterna och anordningen för lagrens smörjning är mycket god. Denna motors solida form och dess i öfrigt kompendiösa anordning göra den särskildt lämplig för åtskilliga mindre kraftbehof.

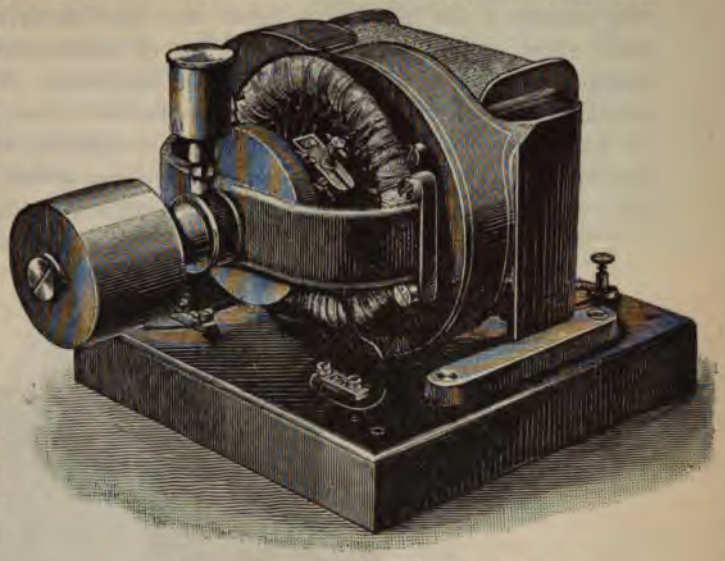


Fig. 364. Siemes & Halskes s. k. *K*-motor.

Firman »Gebrüder Körting» tillverkar en liten elektrisk motor af egendomlig form (se vänstra delen af fig. 381) och afsedd för smärre kraftbehof. Konstruktionen är utförd af C. Ilgner och visar till det yttre ett klot, i hvars inre mekanismen ligger fullkomligt skyddad mot åverkan och damm m. m. samt ur hvilket endast axeln med remskifvan framsticker. Mekanismen är i hufvudsak byggd enligt Lahmeyer-typen (sid. 48), dock att järnmanteln här gjorts klotformig. Den har till vänster ett kalottformigt lock, som lätt kan aftagas.

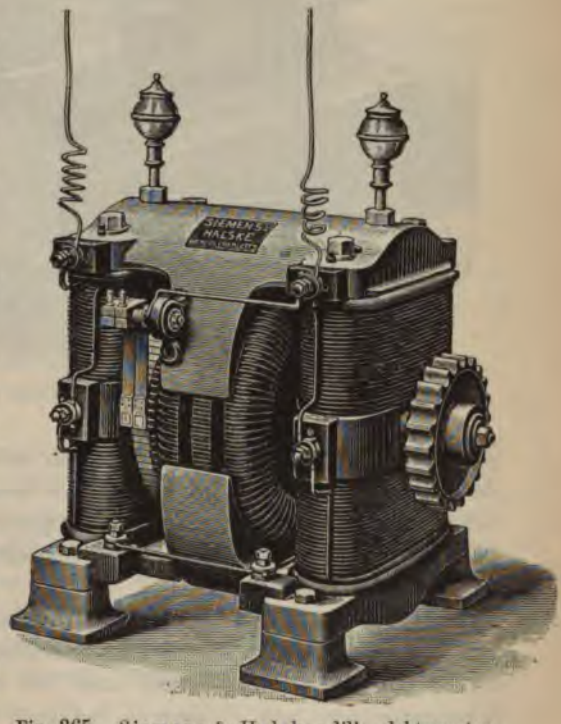


Fig. 365. Siemens & Halskes lilla elektromotor.

Af tyska konstruktionsfirmor må vidare nämnas »Deutsche Elektricitätswerke» i Aachen, hvars motor (fig. 366) är af samma typ som den å sid. 48 beskrifna Lahmeyer-dynamon. Denna konstruktion ägnar sig särdeles väl för elektriska motorer på grund af sin stadiga och kompakta form. Den ofvanpå maskinen anbragta åttkantiga lådan med ratthjul, som utgör en god arkitektonisk afslutning, innehåller det för igångsättningen erforderliga motståndet.

Dylika motstånd behöfvas alltid för motorer af betydligare storlek, i synnerhet om någon belastning förefinnes. Så länge nämligen motorn ännu icke är i rörelse eller kommit i full fart, har ej heller dess elektromotoriska motkraft nått sitt fulla värde. Men strömstyrkan bestämmes hos en elektromotor genom skillnaden mellan klämspänningen och den elektromotoriska motkraften, dividerad med motorns inre motstånd; så länge den elektromotoriska motkraften är liten, är därför strömstyrkan stor. Då motorn emellertid är konstruerad för den strömstyrka, som svarar emot full elektromotorisk motkraft, kan ett öfverskridande af denna strömstyrka skada maskinen. Men äfven af andra skäl — hufvudsakligen för erhållande af lugn och jämn gång hos den

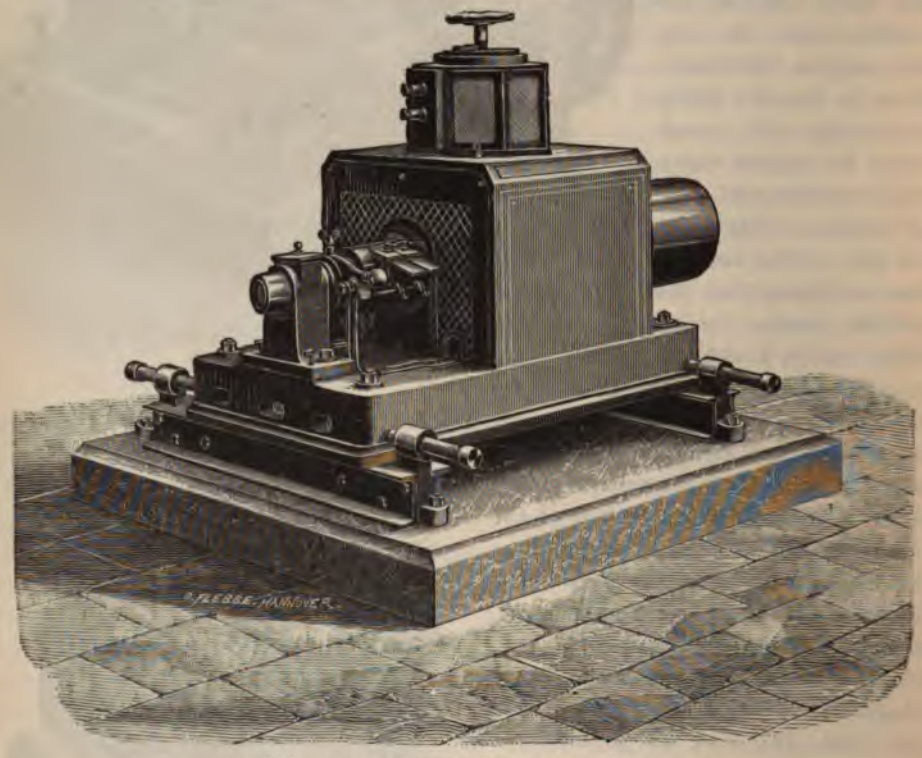


Fig. 366. Deutsche Elektr.-werkes elektromotor.

generator, som drifver motorn — önskar man hindra motorns strömstyrka att öfverskrida ett visst normalt värde. Motorn måste för detta ändamål sättas i gång med förminskad polspänning, hvilket sker därigenom, att man i strömkretsen inför ett »igångsättningsmotstånd», som vid motorns stigande hastighet småningom minskas och slutligen helt och hållet urkopplas.

Den kända schweiziska firman »Oerlikon» har inlagt stora förtjänster om utvecklingen af motorer för elektrisk kraftöfverföring på längre håll; vi återkomma senare härtill. För arbetsbehof intill 100 hästkrafter använder firman en modell af Manchestertypen med Grammes induktor, så att motorn till det yttre liknar en Sprague-motor. För större arbetsbehof intill 250 hästkrafter och därutöfver har Oerlikon en flerpolig typ (fig. 367).

Växelströmmotorer. En elektromotors rörelseriktning är icke beroende af den ström, som tillföres honom. Om strömmen växlar riktning, så växlar visserligen induktorn poler, men samtidigt sker detta äfven med fältmagneterna, så att attraktion och repulsion förbli desamma som förut. Man kan alltså utan vidare drifva hvarje likströms-elektromotor äfven med växelström; men hvad som högst betydligt ändrar sig, då växelström användes i stället för likström, det är motorns kraftutveckling. Orsaken är den, att växelströmmen i trådspolarna uppväcker induktionsströmmar i fältmagneternas massiva järnkärnor, hvilka strömmar måste betraktas såsom förlorade men i själfva verket förbruka en stor del af den elektriska energi, som tillföres motorn. Härtill kommer, att sådan energi äfven förbrukas för uppväckande af magne-

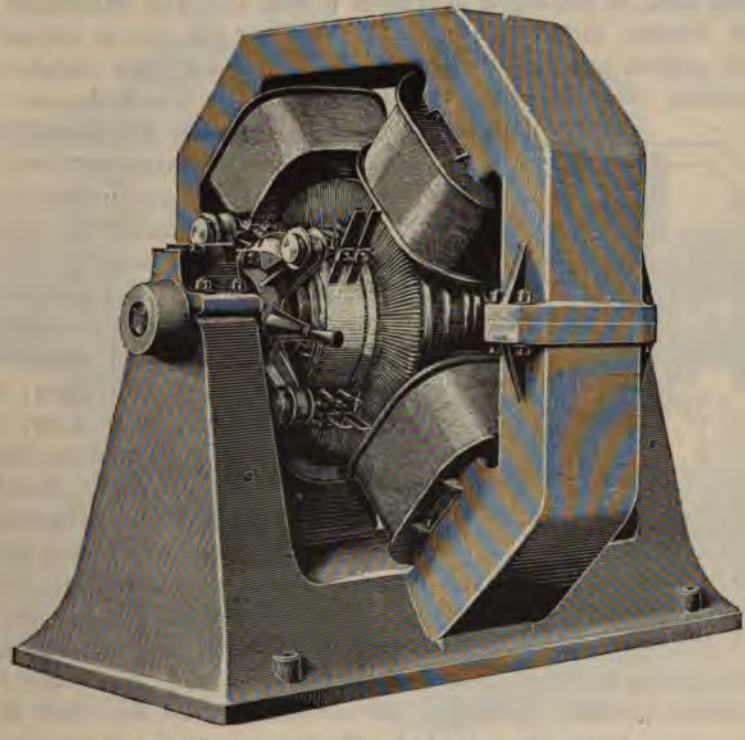


Fig. 367. Oerlikons stora, flerpoliga elektromotor.

tismen; men uti likströmsmotorernas magneter sker detta endast en gång, nämligen vid igångsättningen, och denna energi stannar i magneterna och vidmakthåller den magnetiserande kraften. Uti växelströmmotorn måste däremot den befintliga magnetismen upphäfvas vid hvarje strömomkastning och en ny i motsatt riktning uppväckas; vid hvarje strömväxling måste sålunda en betydlig del af strömmens energi användas för magnetiseringen. Det härför använda arbetet öfvergår icke till spolarna i form af elektrisk ström utan uppträder i järnkärnan som värme, ökar alltså det redan genom induktionsströmmarna därstädes alstrade värmet och skulle därför snart leda till en för motorn förstörande upphettning.

Den förlust, som härrör af induktionsströmmarna, kan visserligen betydligt minskas, om man, liksom vid induktorn, sammansätter järnkärnan af ett lämpligt antal delar i stället för att göra den massiv. I själfva verket har man ock, såsom här

ofvan nämnts, konstruerat motorer med järnkärnor, bestående af tunna, isolerade järnbleck, tätt lagda intill hvarandra, utan att likväl vinna synnerligen förmånliga resultat. Detta har först skett genom de »*synkrona*» växelströmmotorerna.

Principen för den synkrona växelströmmotorn framställes schematiskt i fig. 368. Den fasta elektromagneten har 8 växlande poler, hvilka matas med växelström; deras polaritet i ett visst ögonblick betecknas med bokstäfverna *N*, *S*, *N* etc. Inom dessa poler rör sig ett stjärnformigt hjul, hvars åtta armar utgöras af stålmagneter; dessas oföränderliga poler betecknas med *n*, *s*, *n* etc. Den fasta elektromagnetens poler förändras oupphörligt genom växelströmmen, från nord- till sydpol och tvärt om. Om hjulet försättes i rörelse och vid början däraf med sina poler befinner sig uti det å fig. antydda läget, så komma de liknämniga polerna att verka frånstötande på hvarandra och rörelsen därför att påskyndas, så mycket mer som de närmast liggande oliknämniga polerna attrahera stålmagneterna. I nästa ögonblick inträder emellertid en strömväxling och hjularmarna komma nu att stötas bort af de poler, som nyss drogo dem till sig, men däremot att dragas till de poler, som nyss stötte bort dem. Det kommer nu an på huru mycket hjulet vridit sig, då denna strömväxling börjar. Hafva stålmagneterna just hunnit till de nyss förut oliknämniga polerna, så komma dessa nu att stöta dem ifrån sig, och då hjulet genom sin lefvande kraft föres förbi polerna, så verkar denna stöt i rörelsens riktning; stålmagneterna drifvas mot nästa poler, och dessas dragning påskyndar rörelsen. Hastigheten blir således nu större än förut, och stålmagneterna uppnå de oliknämniga polerna redan innan nästa strömväxling inträffat; den lefvande kraften sträfvar att drifva hjulet vidare förbi dessa poler, men det hålles nu tillbaka af dessas dragning och frigöres icke, förrän strömväxlingen inträdt, då stålmagneterna på nytt bortstötas. Härigenom kommer hjulets hastighet småningom att minskas, till dess den blifvit så reglerad, att stålmagneterna hvarje gång uppnå de oliknämniga polerna just i samma ögonblick som dessa öfvergå till liknämniga.

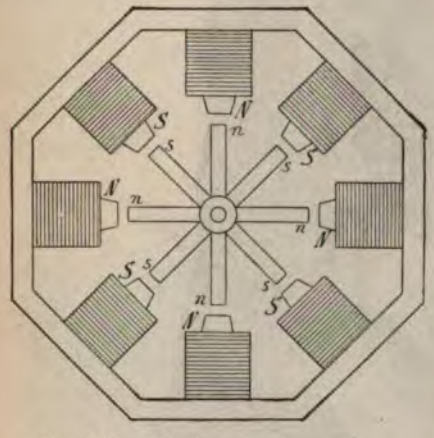


Fig. 368. Principen för den synkrona växelströmmotorn.

Skulle emellertid rörelsen blifva så långsam, att hjulet ännu icke uppnått den nya ställningen framför nästa poler, när strömväxlingen inträder, så komma likväl under första delen af vägen dess magneter att på nyss beskrifvet sätt dragas till oliknämniga och bortstötas af liknämniga poler. Men sedan strömväxlingen inträdt, kommer hjulet att mot slutet af vägstycket hämmas i sin rörelse, emedan båda polerna då söka att hålla det tillbaka. Det kommer nu an på hvilken kraft som verkat starkast, antingen den, som uppträdde i början och sträfvade att föra hjulet framåt, eller den, som uppträdde efteråt och sökte att hålla det tillbaka. Om strömväxlingen inträffade först mot slutet af rörelsen, så har hjulet nog tillräcklig kraft att gå förbi de liknämniga polerna. Det sträfvar sedermera att öka hastigheten och komma i takt med strömväxlingarna och bibehåller därefter den däremot svarande hastigheten. Men om strömväxlingen ägde rum redan i början

af rörelsen å det nya vägstycket, så blir den återhållande kraften starkare än den framdrifvande, och hjulet stannar.

Af det nu sagda framgår, att om hjulet befinner sig i en rörelse, vid hvilken magneternas ställning *ungefär* öfverensstämmer med strömväxlingarna, så komma dessa snart att reglera rörelsen i noga öfverensstämmelse med polväxlingarna; motorn säges då löpa *synkront* (ett grekiskt ord, som betecknar öfverensstämmelse i tid). Om synkronismen därefter störes, kommer den likväl snart nog åter, så vida störingen icke varit alltför stor, ty i sådant fall, d. v. s. om hjulets hastighet blifvit betydligt minskad, bringas det genom polväxlingen snart att stanna.

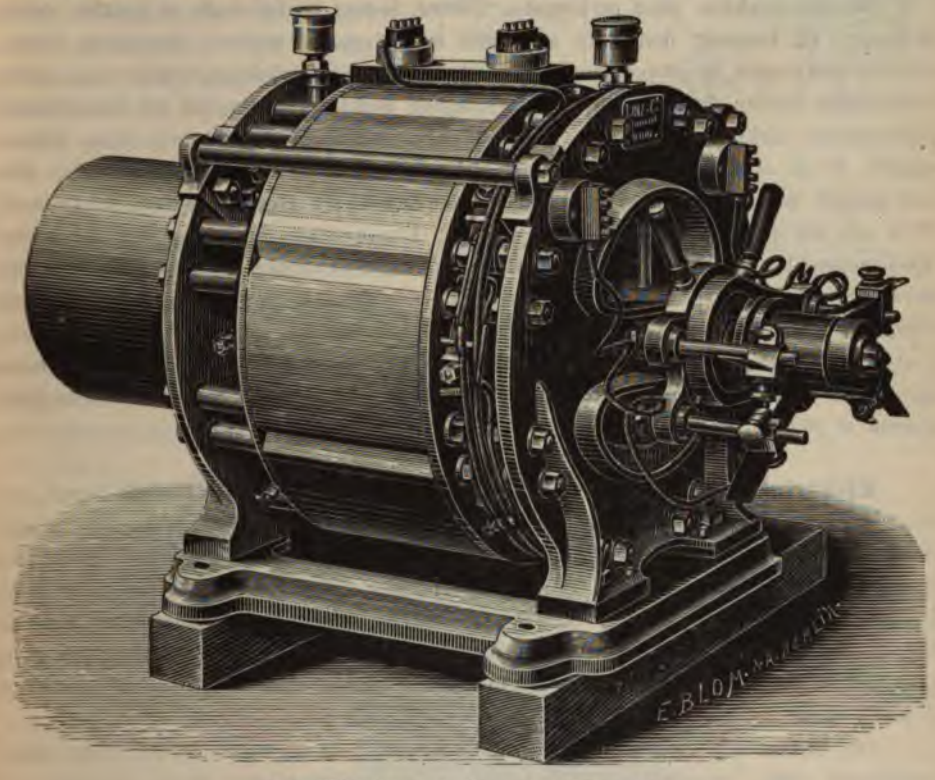


Fig. 369. Ganz & C:os växelströmmotor.

Det torde nu vara lätt att förstå hvad som försiggår i en växelströmmotor. I fig. 369 afbildas en sådan motor af Ganz & C:os konstruktion. Den består af en ringformig magnet med flera poler, hvilka på nyss beskrifvet sätt ständigt växla polaritet, samt ett stjärnformigt magnethjul med fasta poler, anbringadt på den roterande axeln. Stjärnhjulets armar utgöras af elektromagneter, hvilka tydligtvis måste matas med likriktad ström. För att slippa härtill använda en särskild dynamo med sin egen motor har man anlitat utvägen att låta dessa elektromagneter matas af en del utaf växelströmmen, först förvandlad till likriktad. För detta ändamål finnes på motorns axel en kommutator, som vänder den i magnetspolarna uppträdande strömmen, hvarje gång som denna vill ändra riktning. Kommutatorns gång måste därför vara synkron med strömväxlingarna, hvilket ju är lätt att åstadkomma, då motorn själf löper synkront med dessa växlingar. I sådant syfte förses kommu-

tatorn med lika många delar, som det finnes poler i den rörliga magneten. Om dessa delar i ordningsföljd förses med nummer 1, 2, 3, 4, 5, 6 etc., så äro numren 1, 3, 5 etc. sinsemellan förenade, liksom äfven numren 2, 4, 6 etc. De två sålunda bildade ledningarna föra till fältmagneternas lindningar. Två borstar släpa på kommutatorn på så sätt, att då den ena borsten berör en kommutatordel af jämnt nummer, den andra berör en del af udda nummer. Då strömväxling inträder, hafva fältmagneterna, till följd af sin synkrona gång, kommit i en ny ställning. På grund häraf har vid strömväxlingens början hvarje borste lämnat sin kommutatordel och inträdt på den följande, hvarigenom strömmen erhåller samma riktning som förut.

Då vid synkron gång omloppshastigheten endast är beroende af antalet strömväxlingar, så kommer den icke att ändra sig, äfven om motorns belastning växlar; strömförbrukningen är proportionell med arbetseffekten. Verkningsgraden, som angifver förhållandet mellan den af motorn frambringade mekaniska energien och den af honom konsumerade elektriska energien (jfr sid. 77), är hos dessa motorer, enligt firmans uppgift, 80 %, ett tal, som icke ens närmelsevis uppnåddes med äldre motorer. Firman hoppas till och med, på grund af senare försök, att kunna höja detta tal ända till 90 % och därutöfver. Ganz & C:os motorer kunna utan vidare anslutas till hvilket växelströmsnät som helst; för de mindre motorerna använder man vanligen transformerad ström af låg spänning, för större motorer däremot, som kunna konstrueras för högspänd ström, användes vanligen sådan ström direkt.

De af Allm. svenska elektr. bolaget i Västerås tillverkade mindre motorerna för enkel växelström ha en verkningsgrad af 75—80 %. Till flerfasmotorerna återkomma vi längre fram.

Elektriska motorers reglering. En elektromotors arbetseffekt beror, som ofvan blifvit antydt, dels af den tillförda strömmens styrka och dels af maskinens egen elektromotoriska motkraft. Önskar man ändra arbetseffekten, så måste äfven produkten af dessa båda faktorer undergå motsvarande förändring. Om nu en växande belastning af motorn kräfver en höjning af arbetseffekten, kan man alltså öka antingen strömstyrkan eller den elektromotoriska motkraften eller båda på en gång, eller också endast öka den ena och sänka den andra, dock alltid så att produkten af båda växer.

Om endast den elektromotoriska motkraften ökas, så måste därvid äfven klämspänningen ökas, ty strömstyrkan beror af skillnaden mellan denna spänning och nämnda motkraft; växer den ena, måste därför äfven den andra växa, för så vidt skillnaden och därmed strömstyrkan skall bli konstant.

Användande af konstant strömstyrka och föränderlig klämspänning förekommer ofta, då motorerna *serie-kopplas*, hvilket rätt mycket brukas i Amerika. Vi skola därför nämna några ord om sådana motorers *reglering* men kunna därvid inskränka oss till det fall, då omloppshastigheten bör hållas närmelsevis konstant; detta fall motsvarar nämligen praktikens fordringar och medgifver en jämförelsevis enkel reglering. Då man således icke kan höja motkraften genom att öka omloppshastigheten, så måste man använda det äfven vid dynamomaskiner begagnade medlet att stärka det magnetiska fältet. Detta sker antingen genom att öka strömstyrkan i fältmagneternas spolar eller ock genom att uppdela spolarna i flera grupper, kopplade i serie, och låta strömmen efter behof kretsa genom flera eller färre af dessa grupper och sålunda öka eller minska magnetfältets styrka.

Vid de elektriska motorerna förfares på samma sätt (fig. 370). Strömmen går genom ett i flera afdelningar uppdeladt motstånd, förlagdt i en af de till motorn förande ledningarna och hvars kontaktarm står i fast förbindelse med motorns ena pol. Spänningen vid polerna kommer nu att växa, i den mån flera afdelningar af det föränderliga motståndet inkopplas, och att sjunka, då sådana afdelningar urkopplas. Strömmen i hufvudledningen, hvars riktning å figuren antydes af pilarna, behöfver därför icke ändra styrka. Denna utväg är emellertid mindre ändamålsenlig. Bättre är att ändra strömstyrkan i elektromagneterna. En sådan koppling afbildas schematiskt i fig. 371. Här är motorn förenad med en centrifugalregulator, som vid för stor hastighet utkopplar flera eller färre af elektromagneternas lindningar, vid långsam gång däremot inkopplar sådana och sålunda minskar eller ökar den elektromotoriska motkraften. Fig. 372 visar en af Immisch konstruerad motor för seriekoppling och konstant strömstyrka; hastighetsregulatorn sitter till vänster på axeln och står i förbindelse med ett glidstycke, hvilket alltefter olika ställning håller ett lämpligt antal elektromagnetlindningar inkopplade.

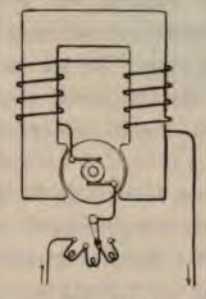


Fig. 370. Reglering af en seriemotor medelst motstånd.

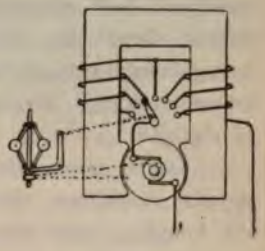


Fig. 371. medelst hastighetsregulator.

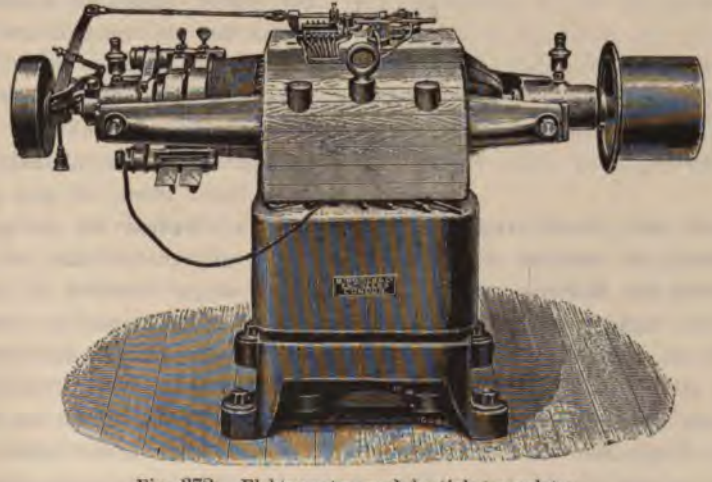


Fig. 372. Elektromotor med hastighetsregulator.

Betydligt enklare ställer sig regleringen af sådana motorer, hvilka äro anslutna till ett ledningsnät af konstant spänning, emedan man här kan undvika mekaniska regulatorer och öfverlåta regleringen åt strömmen själf. Vid oförändrad klämspänning kommer nämligen strömstyrkan att stiga, när den elektromotoriska motkraften sjunker, emedan skillnaden mellan denna kraft och polspänningen därigenom förstoras. Trots sjunkandet af nämnda motkraft betyder detta, inom vissa gränser, en större produkt af dessa båda storheter, alltså en ökad arbetseffekt. Den elektromotoriska motkraften

kan sänkas antingen genom att försvaga det magnetiska fältet eller genom att minska motorns omloppshastighet.

Vid den vanliga *shunt-motorn* kan magnetfältets försvagande åstadkommas genom att i fältmagneternas strömkrets införa ett föränderligt motstånd. Kopplingen sker då enligt schemat (fig. 373). Man kan emellertid undvara ett sådant motstånd och låta shunt-motorn själf reglera sitt strömbehof. Vid ökad belastning minskas nämligen dess omloppshastighet och därmed äfven den elektromotoriska motkraften; följden däraf blir, att den tager åt sig en större mängd elektrisk ström och, då hastighetsminskningen nått en viss grad, åter kommer i jämvikt med sin mekaniska arbetsutveckling. Genom att ändra omloppshastigheten reglerar sig motorn sålunda af sig själf.

Denna hastighetsändring mellan de båda gränserna: full eller ingen belastning, uppgår visserligen vid goda shunt-motorer icke till mer än c:a 5 % af hastigheten vid tomgång; men redan detta kan för åtskilliga ändamål vara för mycket, och därför har man vidtagit ännu en förbättring, hvarigenom hastighetsväxlingen icke behöfver uppgå till mer än ett par procent. För detta ändamål erhålla fältmagneterna, förutom den vanliga shuntlindningen, äfven en serielindning, hvilken dock icke, liksom vid compound-dynamomaskinen, vid sidan af shuntlindningen förstärker magnetismen utan i stället försvagar den (fig. 374). Om, vid stigande belastning, motorns omloppshastighet endast obetydligt sjunker, så förringas den elektromotoriska motkraften icke endast genom denna hastighetsminskning utan äfven genom den numera inträdande ökningen af strömstyrkan i hufvudströmlindningen.

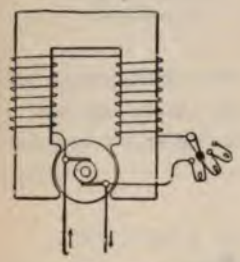


Fig. 373.
Reglering af en shunt-motor medelst föränderligt motstånd i shuntledningen.

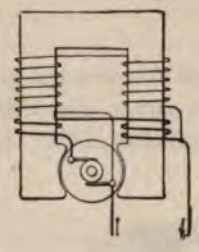


Fig. 374.
Reglering af en elektromotor medelst compound-lindning.

Häraf synes, att man på ett tillfredsställande sätt förmår reglera elektromotorns arbetseffekt och omloppshastighet och att detta vid motorer för konstant spänning till och med kan ske helt automatiskt genom den elektriska strömmen, så att man slipper besväret att särskildt för hand reglera maskinen eller hafva en mekanisk automatisk reglering. Denna självreglering är en stor fördel hos den elektriska motorn, och den blir desto värdefullare, därigenom att elektrisk energi icke går förlorad, förvandlad till motstånd, utan att motorn aldrig förbrukar mera sådan energi, än den just behöfver för en viss arbetsutveckling. Tager man nu i betraktande, att arbetsmaskiner endast sällan arbeta vid full belastning men ofta gå tomma eller mindre belastade, så framträda ännu tydligare fördelarna af en sådan motor, som ögonblickligen nedsätter sitt behof af kraft, i samma mån som den har att förrätta mindre arbete. I detta hänseende står elektromotorn oöfverträffad, och den vinner därför alltmer och mer terräng.

Elektriska motorers fördelar. Förutom den nyss framhållna fördelaktiga egenskapen af god kraftreglering har den elektriska motorn i jämförelse med andra motorer så stora företräden, att den nog snart bör komma att undanträngа sina medtäflare öfverallt, där kostnaderna icke lägga hinder i vägen men möjlighet förefinnes

att erhålla elektrisk ström. Hvad som först faller i ögonen är sådana motorers ringa behof af *utrymme* och *skötsel*. En elektromotor om 2 hästkrafter behöfver icke större plats än ungefär en stol utan ryggstöd; en motor om 5 hästkrafter nöjer sig med mindre än hälften af det utrymme, som en gas- eller fotogenmotor af samma kapacitet erfordrar, och förhållandet ställer sig ändå gynnsammare vid jämförelse med ångmaskiner.

Då den elektriska motorn är jämförelsevis lätt i förhållande till sitt arbete, så behöfver den i allmänhet ej någon särskild *grund* utan kan ställas omedelbart på golfvet eller på en väggkonsol, om den icke är alltför stor. Dessutom är den nästan ofarlig; vi säga »nästan», ty naturligtvis kan motorn, liksom hvarje annan elektrisk inrättning, vid oskicklig och slarfvig behandling gifva anledning till eldfara, men denna fara är i alla händelser försvinnande liten. Hvad åter beträffar faran för skador genom mekanisk verkan, så synes elektromotorn vara mycket säkrare än andra motorer, alldenstund alla delar utom remskifvan kunna väl täckas.

Hvad angår *skötseln*, så inskränker den sig till att efterse lagren och borstarna, och den är alldeles ytterligt enkel vid användande af s. k. ringsmörjning för lagren samt borstar af kol, hvilka icke behöfva förskjutas vid olika belastning. Motorns igångsättning är likaledes så enkel, att äfven en icke kunnig arbetare bör kunna verkställa den.

En ytterligare fördel af dessa motorer är deras *tysta gång*. Lägges till allt detta den ofvan omnämnda självregleringen, så måste man erkänna, att elektromotorn besitter företräden, som gör den värd en allmännare användning.

Men *driftkostnaden?* Ja, naturligt är, att en stor elektrisk motor i detta afseende icke kan täfla med en motsvarande ångmaskin, för så vidt motorn för sin drift behöfver en större ångmaskin. Annorlunda ställer sig saken, om motorn drifves från ett aflägset vattenfall, hvars kraft icke är mycket värd, där den finnes, men som kan hafva stort värde å den plats, dit den öfverföres och där motorn uppställes. I sådana fall blir elektrisk motordrift långt mera ekonomisk än användande af ångkraft.

Vi skola senare återkomma till denna frågas stora betydelse särskildt för vårt land.

Men äfven vid »ångdrift» — för att begagna en teknisk term — kan den elektriska motorn i vissa fall upptaga täflingen, emedan den möjliggör en rationell arbetsfördelning. Då driften af *en* stor ångmaskin ställer sig betydligt billigare än driften af flera smärre ångmaskiner af tillsammans lika stor arbetsförmåga som den stora maskinen, så kan elektromotorn mycket väl uthärda en täflan med de små ångmaskinerna. Till förtydligande häraf skola vi anföra ett exempel från vårt land. Vid Munksjö pappersbruk drefs för några år sedan hvarje pappersmaskin af sin särskilda ångmaskin, hvarjämte särskilda ångmaskiner funnos äfven för åtskilliga andra arbetsbehof. Maskinernas storlek växlade från 6 till 20 hästkrafter. De voro encylindriga och arbetade med långa ångrörsledningar, hvarigenom förbrukningen i medeltal uppgick till 20 kg. ånga pr hästkraft i timmen. Dessa ångmaskiner ersattes med elektromotorer, hvilka matades från en generator, drifven af en stor, ekonomiskt arbetande ångmaskin, hvilken icke förbrukade mer än 7 kg. ånga pr hästkraft i timmen. Då vid arbetsfördelningen c:a 30 % af det från ångmaskinen utvecklade arbetet bortgick i generatorledningar och elektromotorer, så motsvarade alltså hvarje från motorerna afgifven hästkraft en ångförbrukning hos ångmaskinen af $7 : 0{,}70 = 10$ kg. ånga i timmen.

Genom arbetskraftens fördelning på elektrisk väg hade — förutom de stora fördelarna i öfrigt — kostnaden för de nämnda arbetsmaskinernas drift nedsatts till ungefär hälften af hvad den förut varit.

Då ström kan erhållas från en centralstation, ställer sig inom den mindre industrien kostnaden för elektrisk motordrift i allmänhet billigare än ångdrift; tages äfven detta i betraktande, jämte elektromotorns goda egenskaper och företräden, så kan den med skäl betecknas som en idealmotor just för denna industri.

Å sådana orter, där det finnes allmänna elektricitetsverk för belysningsändamål, gynnas de elektriska motorernas användning för industriella ändamål genom en särskild omständighet. Behofvet af elektrisk energi för motorer infaller nämligen mestadels om dagen, hvaremot strömmen under den öfriga tiden företrädesvis användes för belysning. Elektricitetsverkens maskineri, som under dagen står nästan sysslolöst — oafsedt möjligen förekommande laddning af ackumulatorer —, kan sålunda äfven de ljusa timmarna finna användning genom strömalstring för motoriskt ändamål. Denna utsikt har, såsom förut blifvit omnämndt, föranledt »Stockholms Elektricitetsverk» att från och med innevarande år nedsätta priset å elektrisk ström för motordrift till endast 2 öre för hektowatt, hvilket motsvarar ungefär 17 öre pr hästkraft i timmen, afgifven från motorn. Denna betydliga prisnedsättning kan förväntas gifva anledning till en mycket allmännare användning af elektromotorer än hittills. Vid årsskiftet 1896—97 utgjorde antalet af de till Elektricitetsverket anslutna elektromotorerna 59, storlek växlande från $^1/_{12}$ till 6 hästkrafter och sammanlagdt representerande 90 hästkrafter. De användas hufvudsakligen att drifva hissar, fläktar och verktygsmaskiner.

Elektriska motorers användande. Oaktadt den elektriska motorn i sin nutida form först i slutet af 1880-talet började få en allmännare spridning, har den dock redan kommit till användning för en stor mängd olika ändamål, bland hvilka vi här skola angifva några af de förnämsta.

I *verkstäderna* har elektromotorn alltmer och mer vunnit insteg såsom kraftmaskin, framför allt i Amerika men äfven i Europa och på sista tiden äfven i Sverige. I synnerhet är den välkommen på sådana platser, där man icke har tillfälle att mycket sysselsätta sig med kraftmaskinen utan måste mer eller mindre lämna denna åt sig själf. Fig. 375 gifver en bild af en verkstadsafdelning, hvars alla maskiner drifvas af den i rummets midt synliga lilla motorn (typ fig. 366).

Det är emellertid icke allenast den mindre industriidkaren, som funnit sin fördel att taga elektromotorn i sin tjänst; äfven den större fabriksindustrien börjar använda honom, särskildt för åstadkommande af lämplig kraftfördelning. Vanan att medelst axelledningar och remmar, friktionskopplingar och andra utväxlingar utportionera kraften från en central ångmaskin till en verkstads alla arbetsmaskiner är emellertid så rotfäst, att man till en början har svårt att tänka sig möjligheten af detta systems utbyte mot elektrisk kraftöfverföring. Och likväl ser man nu den ena stora verkstaden efter den andra använda sin hufvudgenerator — denna må nu drifvas med ånga eller vatten — för att hålla i verksamhet stora dynamomaskiner, hvilkas elektriska ström genom talrika ledningar sprides till verkstadens olika delar och där användes antingen så, att hvarje liten hyfvel, svarf, borr eller annan maskin har sin egen lilla elektromotor, eller ock så, att dessa maskiner gruppvis förenas kring en gemensam axel, som drifves af en större elektrisk motor. Hvar och en, som

Fig. 375. Verkstadsdrift medelst elektrisk motor.

sett en större verkstad, måste ha uppmärksammat olägenheterna af de talrika axel- och remledningarna. Dyra i anläggning, fula till utseendet, utgöra dessa ledningar äfven en ständig anledning till olyckshändelser. Till en viss grad hopkoppla de olika maskiner med hvarandra och försvåra dessas oberoende användning. Maskinerna måste alltid ställas på ett visst sätt, lämpligt för kraftöfverföringen från axelledningarna. Alla dessa olägenheter försvinna, om man i en trumma under golfvet framdrager elektriska ledningar till de olika elektriska motorer, som i slutna lådor äro anbragta vid arbetsmaskinerna, och hela verkstadsrummet får ett friare och snyggare utseende.

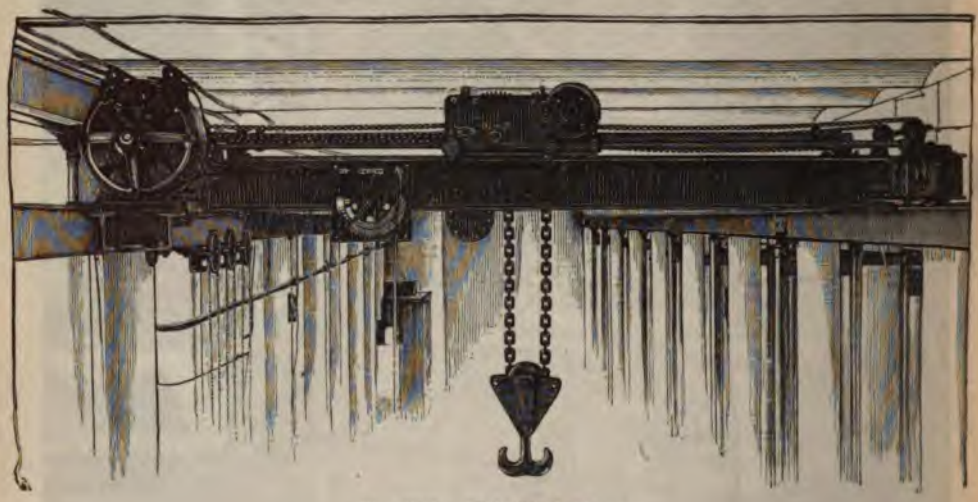


Fig. 376. Elektrisk lyftkran.

En ändamålsenlig och redan tämligen utbredd användning har elektromotorn fått för drifvande af *kranar*, *hissar*, *spel* etc., hvartill den är särdeles lämplig, emedan strömtillföringen kan ske på synnerligen enkelt sätt. Ingen annan motor låter dessutom så lätt förena sig med detta slags arbetsredskap som just elektromotorn. Ett exempel härpå är den i fig. 376 afbildade traverskranen, hvars motor synes längst till vänster. I taket finnas två parallela kopparskenor, på hvilka glidkontakter från kranen löpa och hvarigenom strömmen öfverföres till motorn. En reostat, något till höger om motorn, reglerar strömtillförseln och skötes nedifrån genom ett snöre. Vid kranens användande förekomma tre olika rörelser: traversens förflyttning i rummets längdriktning, kranvagnens rörelse fram och åter på traversen samt lastens lyftande; dessa rörelser utföras af en och samma motor, som för detta ändamål är försedd med tre kedjehjul, hvilka äfvenledes skötas från marken genom lika många nedhängande kedjor.

Fig. 377. Elektriskt gångspel.

Liknande lyftmaskiner äro konstruerade af »Société anonyme pour la transmission de la force par l'électricité» i Paris. Bland dess talrika konstruktioner

kunna vi här endast omnämna det *elektriska gångspelet* (fig. 377), afsedt för dockor, hamnar o. s. v.

På senaste tid har man å flera utländska *krigsfartyg* börjat att i stället för ångkraft använda elektrisk drifkraft för ankarspel, ammunitionshissar, kolvinschar etc., samt slutligen äfven för kanontornens rörelse. Fördelarna häraf äro påtagliga; bland annat den, att man slipper de många och långa ångrören, hvilka upphetta luften i skeppsrummen och under strid kunna föranleda svåra olyckshändelser. Förtroendet till den elektriska kraftöfverföringen, äfven för nyssnämnda ändamål, är också i ständigt stigande och har nu äfven visat sig inom svenska flottan, i det att vår nyaste pansarbåt »*Oden*» blifvit försedd med elektriskt rörelsemaskineri.

Detta består af 1 generator af Oerlikons modell (70 volt, 600 amp.), 2 motorer för ankar- och vindspel, 2 motorer (5 hkr. hvardera) för tornens ammunitionshissar, 2 motorer (3 hkr. hvardera) för små ammunitionshissar, 2 motorer (8

Fig. 378. Transportabel elektrisk kran.

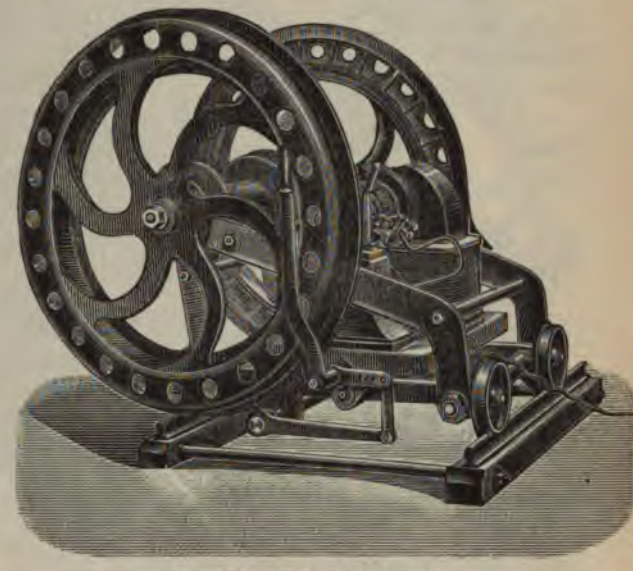


Fig. 379. Elektriskt vindspel.

hkr. hvardera) för vridning af de båda pansartornen. Därtill komma 1 motor för kompressionspumpen och 1 för fläkten i torpedrummet. Största rotationshastigheten hos generatorn uppgår till 400 slag, hos motorerna till 750 slag i minuten. All ström är likriktad. Manöverapparaten för tornvridningen är så placerad, att tornbefälhafvaren kan med ett enda handtag bekvämt sköta rörelsen. När denna nått yttersta gränsläget åt ena eller andra sidan, stoppas den automatiskt utan stöt, äfven vid största hastighet, 5° i sekunden. Dessemellan kan stoppning naturligtvis också ske hvar som helst i banan. Hela tornsystemet är upphängdt och balanseradt å hydraulisk pivå, så att kraftbehofvet utgör ett minimum och att vridningen äfven lätt kan ske med handkraft, i händelse det elektriska maskineriet skulle råka i olag.

Guyenet har konstruerat en *transportabel elektrisk kran* (fig. 378) för uppfordring af spannmålssäckar m. m. och försedd med elektrisk motor, hvars rörelse

genom remledning öfverföres till lintrumman. Kranen är vridbar kring axeln, så att armen äfven kan svängas åt sidan. Strömmen tillföres lämpligast medelst en böjlig,

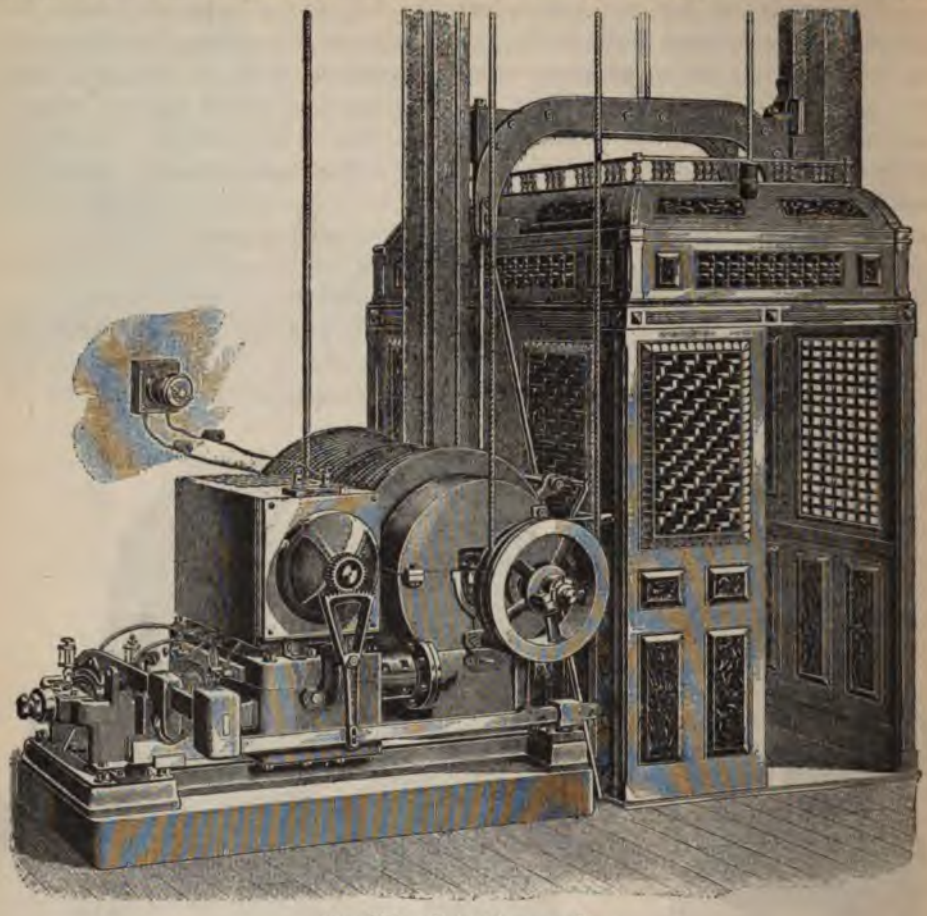


Fig. 380. Elektrisk personhiss.

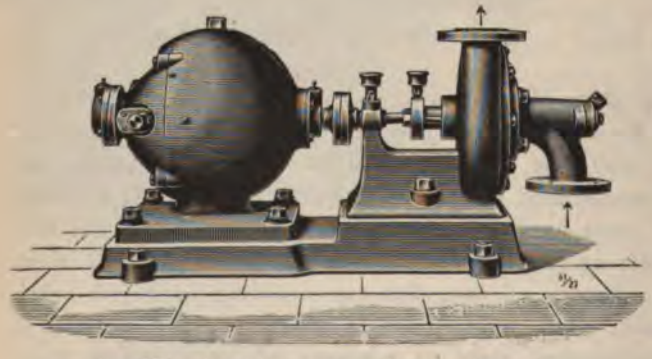


Fig. 381. Elektrisk pump med kulformig motor.

isolerad dubbelledning, som lätt kan anslutas eller borttagas från kranen. Samme konstruktör har äfven uppfunnit *ett elektriskt vindspel* (fig. 379), där rörelsen från motorns axel öfverföres genom friktion. De båda stora friktionshjulen på lintrummans axel hafva för detta ändamål på innersidan en bred och djup ringformig ränna, uti hvilken de båda på motoraxeln befintliga friktionsrullarna kunna ingripa. Allt eftersom detta sker längs rännans inre eller yttre kant, kommer lintrumman att

drifvas åt ena eller andra hållet, medan motorns rörelseriktning likväl förblir densamma. För att nu kunna åstadkomma den ena eller andra af dessa rörelser kan motorn, genom en på sidan anbragt häfstång, något förskjutas fram eller tillbaka, så att friktionsrullarna trycka mot den inre eller yttre hjulkransen. Då rullarna befinna sig midt i rännan, äger ingen beröring rum, hvadan lintrumman då är fri och står stilla.

Liknande elektriska spel hafva i synnerhet kommit till användning i Amerika så väl för personhissar som vid grufdrift. Elektriska personhissar förekomma där mycket allmännare än i Europa, och detta beror till en del däraf, att man i Amerika har mycket större hisshöjder än hos oss, enär husen på de dyrare byggnadstomterna byggas åtta, tio, sexton våningar höga, ja, till och med ändå mera. I sådana »skyskrapor» kan man ju icke lämpligen begagna trappor för att »komma till väders» utan måste hafva ett bekvämt fortskaffningsmedel, och detta är just personhissen. Hittills ha sådana hissar drifvits med ång- eller vattenkraft. I den mån som elektromotorn utvecklades, funno emellertid amerikanerna i denna maskin ett bekvämt medel för hissrörelsen, och därför ha personhissarna kommit mer och mer i bruk. Fig. 380 visar en af specialfirman för hissar, Otis Brothers i New York, konstruerad personhiss för elektrisk drift. Motorns manövrering sker medelst den genom hisskorgen gående pådragningslinan. Själfva korgen hänger på en annan lina och drages uppåt medelst det af elektromotorn drifna spelet. Skulle linan brista, så träder en mycket känslig spärrinrättning ögonblickligen i verksamhet och kvarhåller korgen på det ställe den befann sig, då linan brast.

Fig. 382. Provisoriskt pumpverk med elektrisk motor.

Hissar och spel för grufvor skola vi närmare omnämna i sammanhang med andra elektriska maskinerier för bergverk.

Äfven för drifvande af *pumpar* och *ventilatorer* har elektromotorn funnit en ganska allmän användning. Det kan ofta vara en rätt kinkig sak att anskaffa drifkraft till en pump, och då erbjuder elektromotorn ett synnerligen bekvämt medel att lösa svårigheten. En jämförelse mellan den i fig. 381 afbildade pumpen med elektrisk drifkraft och en annan af samma kapacitet men drifven af något annat slags motor, visar tydligt, hur enkel den elektriska driften gestaltar sig.

Denna fördel gör sig i synnerhet gällande, när det är fråga om att drifva flera pumpar, som icke ligga omedelbart invid hvarandra, såsom t. ex. vid kanal- och grundläggningsarbeten. Strömmen från en dynamomaskin, som kan vara uppställd långt från byggnadsplatsen, kan här utan svårighet fördelas på ett större antal

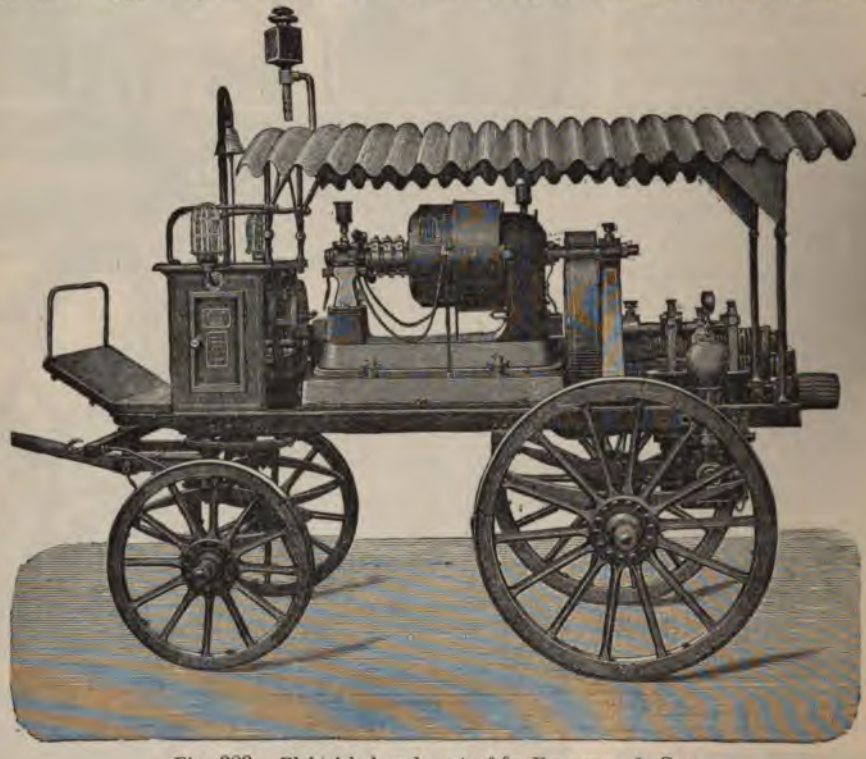


Fig. 383. Elektrisk brandspruta från Kummer & C:o.

motorer, en fördel, som i synnerhet gör sig gällande, då pumparna ofta behöfva ändra plats. Fig. 382 kan gifva en idé om hur lätt det är att åstadkomma en sådan tillfällig anläggning. Ett underlag af några plankor eller stockar är snart anskaffadt; därå ställes motorn och pumpen, som vi antaga vara en centrifugalpump; arbetet kan nu genast sättas i gång. Elektromotorns användande för sådant ändamål medför ock den fördel, att den vanligen kan direkt kopplas till pumpens axel, emedan de båda maskinernas hastigheter ofta nog äro desamma.

En närsläktad användning har elektromotorn funnit såsom kraftmaskin för brandsprutor, ett förslag som först framställdes i Amerika. Användningen af elektriska brandsprutor förutsätter visserligen, att elektrisk ström öfverallt skall finnas att tillgå inom sprutans verkningsområde, hvarför denna användning endast kan komma i fråga i städer med elektricitetsverk och där ledningarna omfatta hela staden. Så till vida

ligger maskinens betydelse mera i framtiden, men i samma mån som elektricitetsverken blifva mera allmänna, torde ock frågan om den elektriska brandsprutans användande komma allt närmare. Denna har framför ångsprutan först och främst fördelen att vara lättare. Om det nu på lämpliga ställen inom belysningsområdet finnes enkla anordningar för anslutning af ledningskabeln, så har brandmanskapet endast att afrulla denna från trumman, hvarå den är upplindad, samt förbinda dess ena ände med en af de nyssnämnda anslutningarna och den andra med sprutans motor. I samma ögonblick detta skett, kan arbetet genast börja. Å fig. 383 afbildas en sådan *elektrisk brandspruta* från firman Kummer & C:o i Dresden, hvilken vid försök har visat sig arbeta alldeles förträffligt.

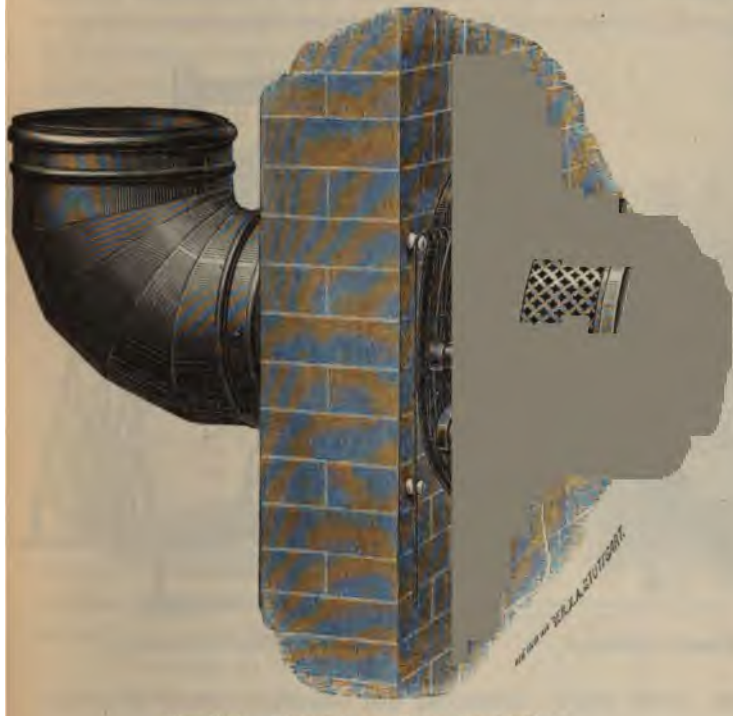


Fig. 384. Elektrisk ventilator för fabriker.

Fig. 385. Elektrisk ventilator för mindre lokaler.

Med det nu sagda ha vi icke afsett att framhålla den elektriska sprutan såsom en särskildt anmärkningsvärd användning af den elektriska strömmen för motoriskt ändamål utan endast att påpeka, hvilken betydelse det i framtiden kan ha för sådana platser, som äga elektricitetsverk, att elektrisk motordrift genast står till förfogande när och hvar som helst. Det är just den enkla driften och det ytterst bekväma sättet för kraftens erhållande samt den stora enkelheten i dess användande, som kommer att skaffa den elektriska motorn en vidsträckt spridning. Den dag skall med all sannolikhet komma, då vid alla större byggnadsföretag anordnas tillfälliga elektriska anläggningar för att med elektromotorer drifva pumpar, spel och arbetsmaskiner och nattetid upplysa arbetsplatsen med elektriskt ljus.

En orsak till det motstånd, som den elektriska motorn på vissa håll hittills rönt, har varit de flesta maskinteknikers obekantskap med den elektriska strömmens

användning; men denna obekantskap eller fördom torde helt säkert med tiden försvinna och hvarje tekniker både vilja och förstå att för sitt behof betjäna sig af den hjälp, som den elektriska strömmen kan lämna. Vid bedömandet af de olika användningar, elektromotorn hittills fått, bör man ej förbise, att den på många områden ännu icke hunnit ingripa så, som den med visshet kommer att göra, att den ännu är den första grodden af en ung sådd och att först när kännedomen om elektromotorns egenskaper vunnit fullt insteg i det allmänna vetandet, man kan vänta sig ett vidsträckt fält och en stor framtid för densamma. Läsaren må komma ihåg, att elektromotorn, hvad dess praktiska användning beträffar, icke är stort mer än ett decennium gammal, således ännu knappast mer än ett lofvande barn. Hvad skall då icke kunna blifva däraf i framtiden, i synnerhet om man äfven lyckas göra dess näringsmedel billigare eller med andra ord uppfinna billigare sätt för den elektriska strömmens alstring?

Fig. 386. Elektrisk fläkt anbragt å taklampa.

Fig. 387. Elektrisk symaskin.

Såsom redan förut blifvit antydt, lämpar sig den elektriska motorn äfven särdeles väl för drifvande af *ventilatorer*. Kraftledningen kan med lätthet föras fram äfven till de mest svårtillgängliga ställen, där ventilatorerna ofta måste uppställas; härtill kommer äfven, att ventilatorernas konstruktion i allmänhet passar utmärkt bra för elektromotorn, så att den senare kan kopplas direkt på ventilatorns axel. Fig. 384 visar en ventilator från firman Fein i Stuttgart med direkt kopplad motor och afsedd för fabrikslokaler. En mindre ventilator för boningsrum och likaledes med direkt kopplad motor är afbildad i fig. 385. Den lilla motorn uppgifves vid en spänning af 105 volt förbruka blott 1,1 ampère, d. v. s. 115 watt i timmen. Luftväxlingen uppgår därvid till 1,750—2,400 kbm. och kostnaden, efter nuvarande pris å elektrisk kraft, knappt till $2^1/_2$ öre i timmen. De nedhängande snörena äro afsedda för motorns igångsättning och reglering samt för jalusiens skötande.

Fig. 386 visar en *elektrisk fläkt* kombinerad med en elektrisk ljuskrona; den lilla motorn är innesluten i den stora takrosetten. Apparaten åstadkommer ett nedåt riktadt luftdrag, som nog kan bidraga till en angenäm svalka i festsalar o. d.

Inom den praktiska nyttans område faller däremot elektromotorns användande för symaskiner. En sådan *elektrisk symaskin* afbildas i fig. 387. Motorn har sin plats under bordskifvan; för dess igångsättning och reglering ligger därbredvid och innesluten i en liten låda en reostat, hvars vef sättes i rörelse medelst maskinens trampplatta. Så önskvärdt det än vore, att denna nya drifkraft för symaskiner kunde ersätta det skadliga arbetet med foten, så utgör likväl den elektriska apparatens anskaffning jämte hyran för strömmen ett hinder därför. Men äfven om denna uppfinning ännu ej förmått uträtta stor nytta, kan man dock antaga, att elektriciteten med tiden kommer att både på detta och andra sätt blifva en nyttig medhjälparinna i det husliga arbetet. Där syarbetet bedrifves fabriksmässigt, blir det emellertid en annan sak, och där ordnas symaskinsdriften på ett annat sätt. Vid en sådan fabrik i Stockholm har man sålunda 20 större symaskiner, hvilka drifvas från en elektromotor om 2 hästkrafter på sådant sätt, att motorn medelst remmar drifver två transmissionsaxlar, belägna invid golfvet och långs hvilka maskinerna äro uppställda. Denna anordning lofordas såsom synnerligen lämplig.

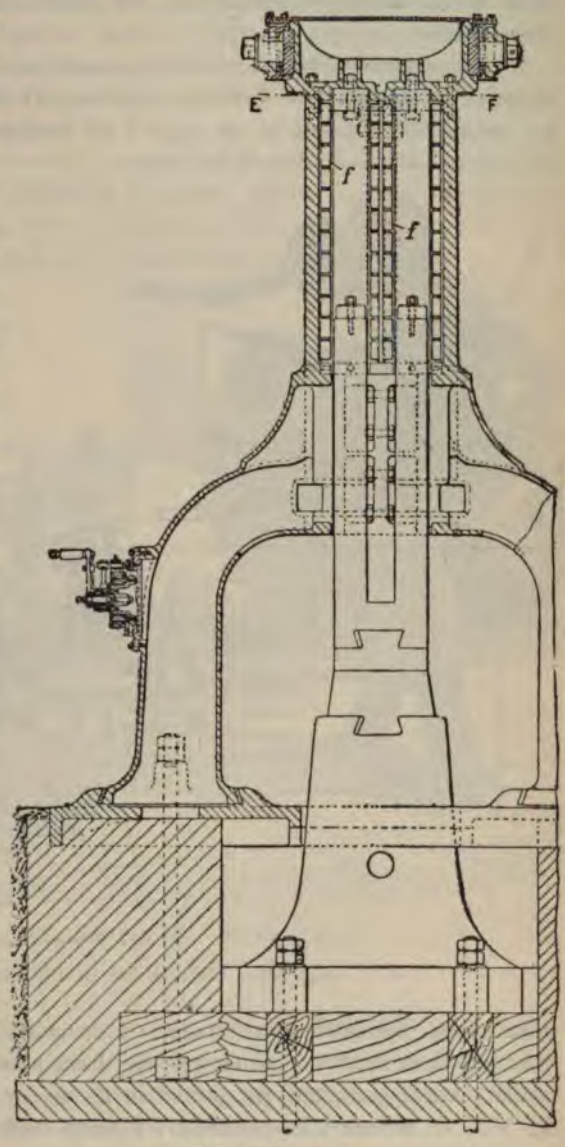


Fig. 388. Elektrisk hammare.

Vi komma nu till de *elektriska verktygsmaskinerna*. Anordningarna för den elektriska strömmens användande som drifkraft blifva här i regeln desamma, som förut beskrifvits. I många fall kan motorn emellertid icke ha den vanliga formen af en roterande maskin utan måste ofta antaga speciella former för att på bästa sätt kunna åstadkomma önskad verkan och äfven inpassas i verktyget eller maskinen. Ett exempel härpå är den *elektriska hammaren*, till det yttre lik en ånghammare (fig. 388), men där ångcylindern är ersatt af en trådspolcylinder, hvari den med hammaren fast förenade järnkärnan rör sig. Då spolcylindern genomkretsas af elektrisk ström, drages järnkärnan uppåt. Spolarna ligga öfver hvarandra i skilda afdelningar, af hvilka ett

godtyckligt antal upptill kunna uteslutas, hvarigenom hammarens lyfthöjd således på motsvarande sätt minskas. Maskinen kan liksom ånghammaren inställas på en viss önskad lyfthöjd, så att hammaren själf urkopplar spolarna, när den hunnit denna höjd, och då nedfaller, eftersom järnkärnan icke mera attraheras. Man kan emellertid äfven manövrera hammaren för hand och för hvarje slag afpassa lyfthöjden efter behofvet.

De *elektriska borrmaskinerna* kunna med fördel användas öfverallt, hvarest verkstycket icke lätt kan förflyttas, vare sig till följd af dess stora tyngd eller emedan det redan blifvit insatt på sin plats i ett maskineri eller en byggnad, hvarifrån det

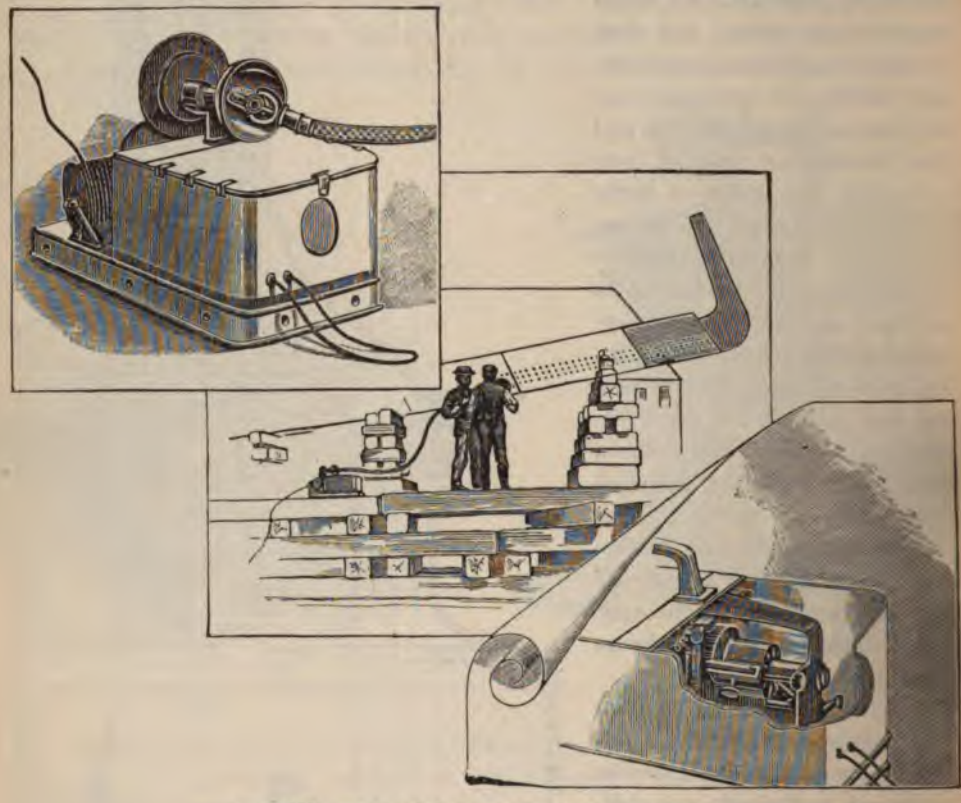


Fig. 389. Elektrisk borrmaskin och dess användande.

endast med svårighet kan uttagas. Exempelvis må nämnas bearbetningen af de särskilda delarna af ett järnfartyg, när dessa måste hopsättas på sina platser, mångfaldiga borrningsarbeten vid järnbroar m. m. Vid den anordning, som framställes i fig. 389, är motorn icke omedelbart förenad med borren, utan arbetet öfverföres från motorn till borren genom en böjlig axel. Arbetaren är därigenom betydligt friare i sina rörelser och kan behärska ett ganska stort arbetsområde utan att behöfva släpa på en alltför stor tyngd. I sådana fall framträda det elektriska systemets fördelar på ett slående sätt. Antag, att man skall borra en mängd hål i en stor och tung lokomotivpannas sidoväggar! Hur bekvämt är det icke då att förflytta en elektrisk borrmaskin utefter plåtväggen och låta den förrätta arbetet; skulle väl någon annan kraftöfverföring här kunna ske på ett lika enkelt och smidigt sätt?

Vid mindre borrar kan borren omedelbart förenas med motorn, så att de båda bilda ett helt. För borrar med fast spindel kan driften ske på samma sätt som vid vanlig transmissionsdrift; i sådant fall erbjuder den elektriska driften icke något särskildt anmärkningsvärdt. Man har äfven konstruerat små elektriska borrar för tandläkare (fig. 390). Någon vidare förklaring torde denna figur icke behöfva, då de väsentliga delarna, motorn, trampkontakten, förbindelseledningen och den böjliga axeln lätt igenkännas och förstås. Man ser äfven, att hela anordningen med lätthet kan förflyttas, så långt ledningstråden räcker.

Äfven större verktygsmaskiner kunna på ändamålsenligt sätt förbindas med elektriska motorer. Såsom exempel därpå kan tjäna den i fig. 391 afbildade *svarfven*, som drifves af en liten elektromotor af den ofvan omnämnda kulformiga typen.

Fig. 390.
Elektrisk borrapparat för tandläkare.

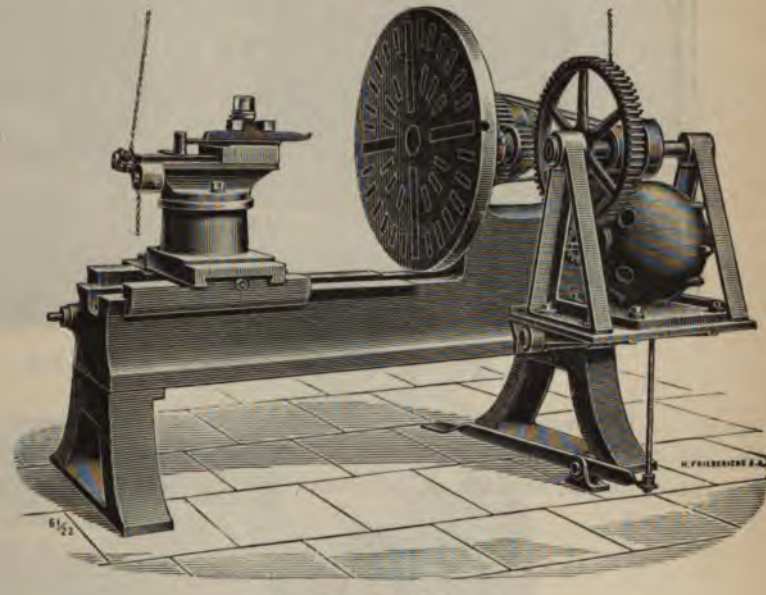


Fig. 391. Elektrisk svarf.

De för slipningsändamål i fabrikerna ofta förekommande *smärgelskifvorna* kunna äfven mycket lämpligt drifvas medelst elektromotorer. Dessa skifvor erfordra tämligen stor omloppshastighet, och då en sådan lätt kan bibringas åt elektromotorn, så kan smärgelskifvan lämpligen sättas direkt på motorns axel (fig. 392).

Ett annat elektriskt verktyg är *lyftmagneten* (fig. 393), som i England och Amerika användes för att lyfta järnplattor och dylikt. En kort och platt hästskoformad elektromagnet hänges i en kätting och fasthåller, när den genomlöpes af en elektrisk ström, det järnstycke, som skall lyftas. När strömmen afbrytes upphör attraktionen, och järnstycket släppes. På detta sätt får man en bekväm och lätt handterlig lyftmaskin, som likväl endast kan användas för järn- och stålstycken. En kran af detta slag har i flera år varit i ständigt bruk uti arsenalen i Woolwich.

Den användes att lyfta tunga projektiler af gjutjärn eller gjutstål. Elektromagnetens totalvikt är cirka 20 kg., kranens lyftförmåga mer än $3^1/_2$ ton.

Fig. 392. Smärgelskifva med elektrisk drift.

En engelsk firma har konstruerat en elektrisk maskin för *hyfling* af skeppsdäck, mycket liknande en stor gräsklippningsmaskin (fig. 394). Elektromotorn står på en platta, hvilande på två rullar, gör 2,000 slag i minuten och drifver den under plattan befintliga spiralknifven. Denna roterar med den stora hastigheten af 3,000 hvarf i minuten och skär därvid bort alla ojämnheter i däcksplankorna. Genom en enkel inrättning kan knifven höjas eller sänkas och inskärningens djup sålunda ändras. Strömmen tillföres genom en lång, böjlig kabel.

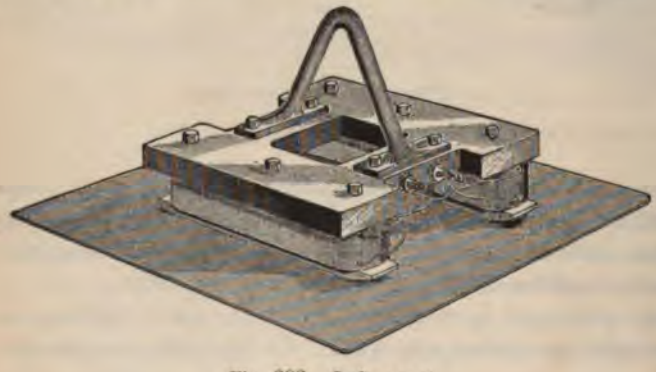


Fig. 393. Lyftmagnet.

* * *

Vi komma nu till en användning af den elektriska drifkraften, hvilken förtjänar ett alldeles särskildt intresse, icke minst i vårt land, nämligen den *elektriska motorns*

användande vid *bergverken*. Ehuru en eller annan af hithörande anordningar skulle kunna hänföras under andra klasser, synes det likväl, i betraktande af sakens stora betydelse, vara lämpligast att här behandla dem alla i ett sammanhang.

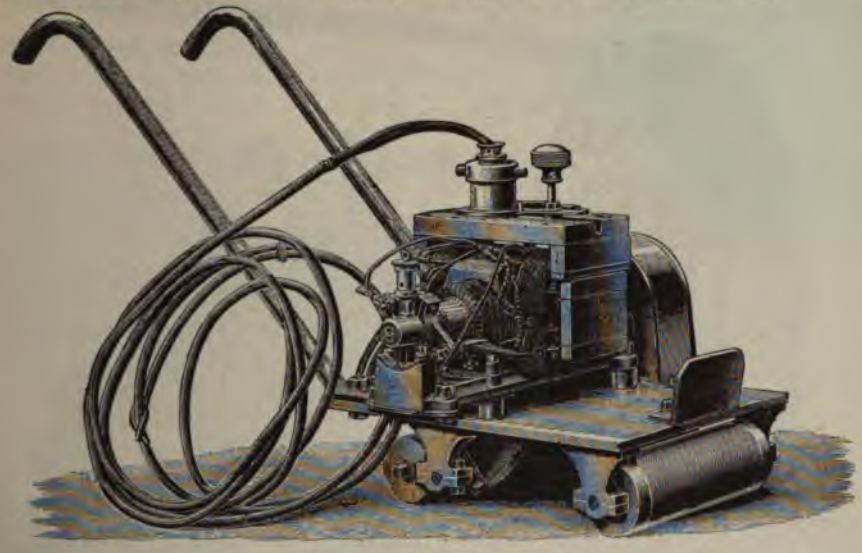


Fig. 394. Elektrisk däckhyflingsmaskin.

Hvad som mycket talar för den elektriska strömmens användande i grufdriften är, förutom dess egenskap att lätt kunna fortledas jämväl till långa afstånd, äfven dess

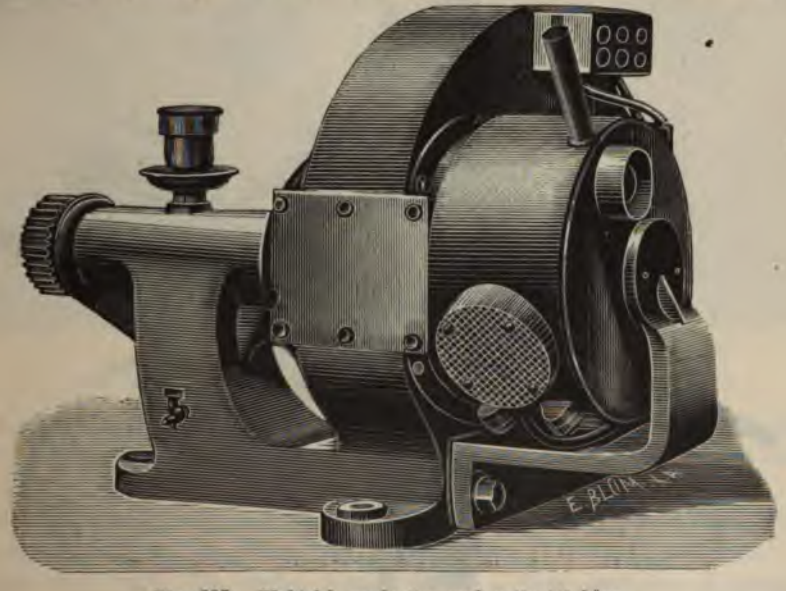


Fig. 395. Elektrisk grufmotor med vattentät kåpa.

mångsidiga användbarhet. I allmänhet har man vid bergverken hittills icke kunnat tillgodogöra sig maskinkraften fullt så, som det varit önskvärdt, och detta har i första hand kommit sig af svårigheten att på lämpligt sätt öfverföra och omsätta

den mekaniska kraften. Anordningen af grufmaskinerna har ofta att kämpa med mycket svåra förhållanden, af hvilka brist på utrymme och hänsyn till lifsfara äro

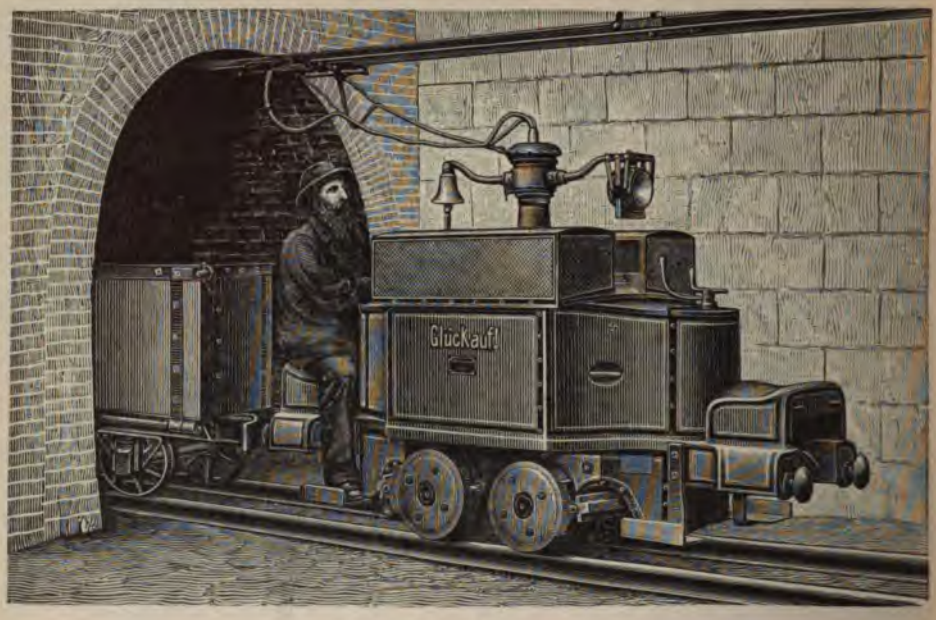


Fig. 396. Siemens & Halskes elektriska gruflokomotiv.

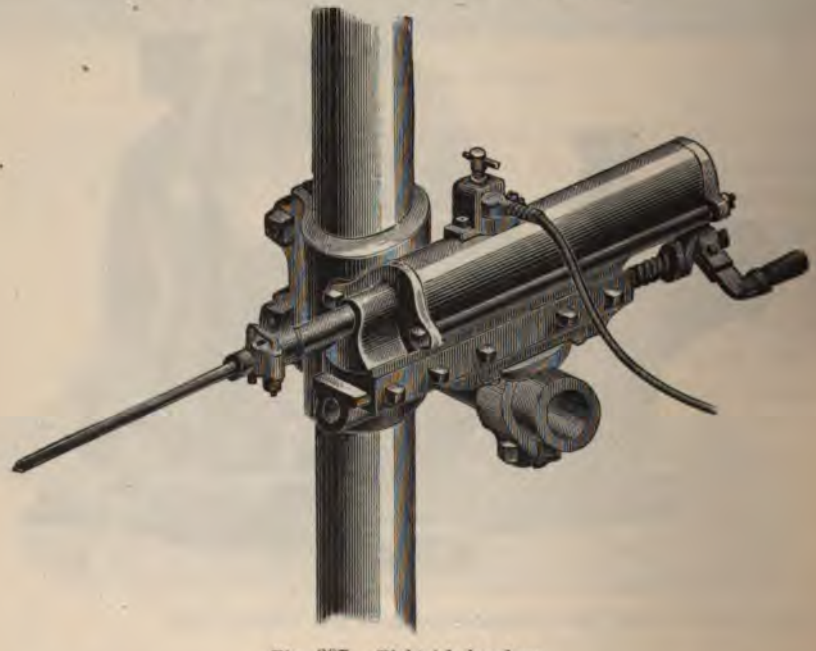


Fig. 397. Elektrisk bergborr.

de förnämsta. Här kan den elektriska strömmen lämna god hjälp. För det första möter elektricitetens åstadkommande i allmänhet icke någon svårighet, då ång- eller

vattenkraft vanligen finnes att tillgå. Detta senare är ofta händelsen just i bergstrakter, och då kan elektromotorn vinna en alldeles särskild betydelse, emedan den gör det möjligt att taga den för grufdriften erforderliga kraften från ett aflägset liggande vattenfall. Strömmens inledande i grufvan möter ingen svårighet. Ledningarna kunna framdragas längs de trängsta vägar och lätt följa alla krökningar, hvadan strömmen kan införas i de svårast belägna afkrokar och den elektriska drifkraften komma till användande öfverallt.

Fig. 398. van Depoele's elektriska bergborr.

De elektriska verktygens behandling möter icke heller några svårigheter, emedan de just äro konstruerade så, att de kunna handhafvas på enklaste och lättaste sätt.

Den för grufarbeten afsedda elektromotorn skiljer sig i allmänhet icke från vanliga motorer annat än genom fullständigare anordning för utestängande af väta och damm (fig. 395). En sådan motor kan i grufvan användas på många sätt, såsom till malmtransport och -uppfordring, vattenpumpning, drifvande af ventilatorer eller arbetsmaskiner etc. Den är långt ofarligare än ångmaskinen och har framför tryckluftsmotorn den fördelen, att krafttillförseln kan ske på ett vida enklare och lättare sätt.

Redan ganska tidigt började man använda elektromotorn såsom drifmaskin å grufbanor; där hade man förut icke haft annat än människo- eller hästkraft, med eller utan linledningar, ett sätt, hvilket i billighet och ändamålsenlighet tydligen är betydligt underlägset den elektriska driften. Här skola vi emellertid, med hänvisning till fig. 396, endast i förbigående erinra om, att den första elektriska grufbanan utfördes af Siemens & Halske, förbehållande oss att längre fram återkomma till en närmare beskrifning af elektriska lokomotiv och järnbanor.

Bergbrytning medelst elektriska verktyg har i våra dagar vunnit ökad betydelse, sedan dessa verktyg blifvit för sina ändamål utbildade till fullt praktisk användbarhet. Borrningsarbetet måste tillförne ske för hand eller, om maskiner användes, med hjälp af tryckluftmotorer. Dessa senare ha också i och för sig befunnits ganska användbara för ändamålet och ådagalagt, att man mycket väl kan använda maskinkraft vid bergbrytning. Men sådana borrmaskiner erfordra en tryckluftledning, som är svår att anlägga och underhålla och mången gång kan vara rent af omöjlig att åstadkomma. Dessa fel vidlåda icke de elektriska bergborrarna; ledningarna kunna med lätthet föras fram öfverallt, och maskinen kan fastskrufvas vid en stolpe eller balk. Vid den å fig. 397 afbildade maskinborren åstadkommes den fram- och återgående rörelsen genom en därmed förenad järnkärna, som i hvardera riktningen omväxlande påverkas af två elektriska spolar. Denna af »General Electric C:o» konstruerade bergborrningsmaskin kan, vid användande af fem elektriska hästkrafter, göra 600 slag i minuten och på denna tid borra ett hål om 50 mm. djup och 40 mm. diameter i hårdt berg.

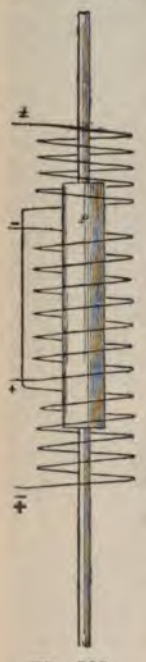


Fig. 399. Detalj af van Depoele's bergborr.

Den här tillämpade principen för borrens rörelse framställdes först af den amerikanske elektrikern van Depoele, hvars bergborrningsmaskiner (fig. 398) tillverkas af »Thomson-Houston-C:o». Här ligga tre spolar (fig. 399) kring en axel, längs hvilken järnkärnan rör sig. Den mellersta spolen genomflytes af likström och har till ändamål att gifva järnkärnan fasta poler, hvaremot de båda andra spolarna genomkretsas af växelström. Alltefter dennas riktning kommer den magnetiserade järnkärnans undre ände — sydpolen — att dragas till den ena eller andra änden af den nedre spolen, medan dess öfre, eller nordpolsände, står under liknande inflytelse af den öfre spolen. Då strömmen växlar riktning, omkastas äfven spolarnas polaritet, och järnkärnan förskjutes en spollängd. Vid hvarje strömväxling kommer borren sålunda att föras fram eller tillbaka, och denna rörelse åstadkommes således utan tillhjälp af någon mekanisk omkastningsanordning. Maskinen uppställes på en trefot och kan arbeta i vinkelrät eller lutande ställning. Slaglängden utgör 138 mm. och antalet slag i minuten 323. För borrens framskjutning, allt eftersom den borrar sig in i berget, finnes en skruf med handvef, synlig å figuren.

Siemens & Halske ha nyligen konstruerat en elektrisk borrmaskin (fig. 400), som i många afseenden synes vara de äldre borrmaskinerna öfverlägsen och som till sin princip är mycket sinnrik, äfven om den i konstruktivt hänseende kanske ännu lämnar åtskilligt öfrigt att önska. I olikhet med de s. k. solenoidborrmaskinerna, där rörelsen, såsom uti van Depoele's nyss beskrifna maskin, är elektromagnetisk, drifves Siemens & Halskes borrmaskin af en vanlig elektromotor. Kraftöfver-

föringen sker medelst en böjlig axel, bestående af ett antal konaxiala ståltrådsspiraler, inneslutna i en läderslang. Axeln slutar med en konisk öfverföring i förening med en vef, som drifver borren fram och tillbaka. Emellertid är veftappen icke direkt förbunden med borren — och detta är konstruktionens kärnpunkt —, utan dess rörelse öfverföres till ett fjädersystem, som i sin ordning drifver borren. Härigenom blir tappens rörelse oberoende af borrens, så att de våldsamma stötarna under borrningen på det hela taget mycket litet inverka på veftappen och den därmed förenade mekanismen. Borren kan till och med fastna i berget, utan att veftappen afbryter sin jämna gång. Denna borrmaskin kan drifvas af 1 hästkraft, hvilket är ungefär fjärdedelen af den kraft, som äldre bergborrmaskiner behöfva för samma arbete.

Fig. 400. Siemens & Halskes bergborrmaskin.

Bland *elektriska uppfordringsmaskiner* må här omnämnas en, som konstruerats af ofvannämnda amerikanska firma och afbildas å fig. 401. På spelets grundplatta står längst till vänster en elektrisk motor, hvars rörelse öfverföres till lintrumman. Motorns inkoppling och omkastning, spelets bromsning o. s. v. verkställes lätt och bekvämt medelst styrstänger. Den mekaniska delen af maskinkonstruktionen kan här förbigås, då vi endast velat visa, hur motorn är förenad med spelet och hur liten plats den upptager.

Det är gifvet, att elektromotorn äfven kan användas för malmkrossningsmaskiner, pumpar och allehanda andra inrättningar.

Äfven i *Sverige* har på de sista åren elektriciteten börjat träda i grufdriftens tjänst och synes där vara kallad att spela en stor roll. Där ångmaskiner icke kunna uppställas och ångrör ej framdragas, där kan alltid en elektromotor med lätthet uppställas och en elektrisk ledning framdragas.

Bland större sådana anläggningar i vårt land må här nämnas den vid *Gellivare* malmfält. Där utföras numera nästan alla mekaniska arbeten med elektromotorer; dessa uppfordra malm från grufvorna och pumpa vatten ur schakten, de

drifva medelst linledning malmvagnar genom stollarna och krossa malmen i särskilda malmkrossningsmaskiner. Vidare användas elektriska lokomotiv för malmens utfraktning ur tunnlarna och elektriska bergborrningsmaskiner för malmens brytning. Samtidigt användes äfven elektriciteten för andra ändamål, för belysning och för kemiska undersökningar.

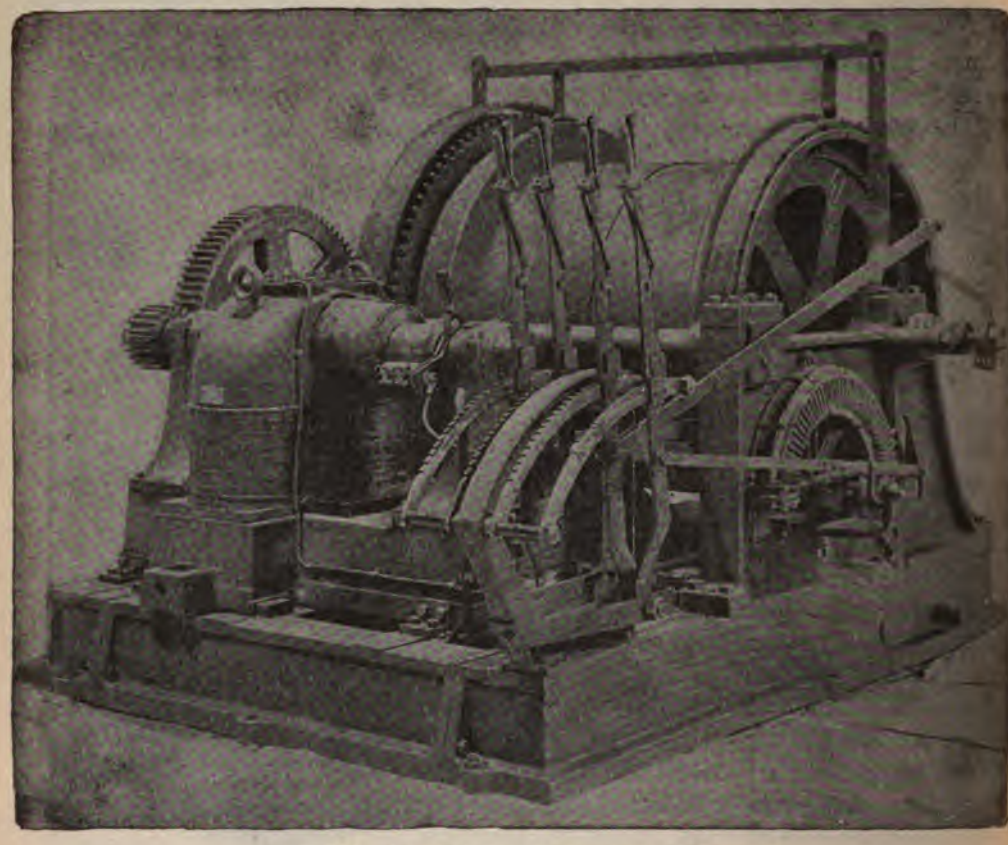


Fig. 401. Elektriskt uppfordringsverk för grufvor.

Elektriska järnbanor, fordon, båtar m. m. Bland alla användningar af elektriska motorer torde för närvarande väl ingen ha vunnit större betydelse än den, som afser de nutida kommunikationsmedlen och särskildt spårvägar. Den första elektriska spårvägen byggdes af Siemens & Halske år 1879 inom industriutställningen i Berlin. Det förmånliga resultatet samt omsorgen om uppfinningsrätten föranledde firman att redan året därpå, mellan Berlin och villastaden Lichterfelde, bygga en bana för regelbunden trafik, och denna bana tjänstgör ännu i dag till belåtenhet. Kort därefter byggdes en liknande bana i Offenbach och en annan i Mödling vid Wien.

Men så kom en tid, då man ej mycket hörde talas om elektriska banor. I midten af 1880-talet togo emellertid amerikanerna med oväntad framgång saken om hand; de nya uppfinningarna i Amerika afsågo förnämligast att för strömmens öfverföring använda ofvanjordsledningar i stället för skenorna, hvilka visat sig vara mindre

pålitliga ledare. Dessa bemödanden lyckades och kröntes med storartad framgång. År 1887 uppgick de elektriska banornas antal till 22, år 1891 hade det stigit till c:a 500, 1894 till c:a 1,000 och för närvarande utgör det inemot 2,000. Detta lysande resultat återverkade på Europa, och man sökte anpassa de amerikanska konstruktionerna efter härvarande förhållanden. Att i större städer bygga ofvanjordsledningar utmed mera trafikerade gator möter dock i allmänhet stort motstånd, och detta är berättigadt, ty en sådan anläggning är långt ifrån vacker och i många fall ej heller tillrådlig med hänsyn till trafikförhållandena. Amerikanerna äro, som redan förut blifvit antydt, i sådant afseende mindre kinkiga och fästa sig, i fråga om en praktisk sak, icke mycket vid utseendet och möjligheten af trafikafbrott eller fara. I Europa grep man därför till den underjordiska strömföringen, och Siemens & Halske byggde en sådan bana i Budapest, hvilken här nedan närmare beskrifves.

Banor med underjordsledningar befunnos emellertid betänkligt dyra, och därför sökte man återgå till luftledningssystemet. I Tyskland byggdes en bana enligt detta system i en förstad till Halle, och i Bremen anlades under industriutställningen därstädes af en amerikansk firma en försökslinie, äfvenledes med luftledning, till förbindelse mellan staden och utställningsplatsen.

De elektriska banornas antal i Europa, som vid 1894 års slut utgjorde 70, växte under år 1895 till 111; banlängden ökades under samma år från 700 till 902 km. och antalet motorvagnar eller lokomotiv från 1,236 till 1,747. En mycket liflig verksamhet har sålunda utvecklats på detta område, och man har all anledning att hoppas på en ännu kraftigare sådan. Af nyssnämnda 902 km. kommo på Tyskland 406,4, Frankrike 132,0, England 94,3, Österrike-Ungern 71,0, Schweiz 47,0, Italien 39,7, Spanien 29,0, Belgien 25,0, Irland 13,0, Ryssland 10,0, Serbien 10,0, Sverige-Norge 7,5, Bosnien 5,6, Rumänien 5,5, Holland 3,2, Portugal 2,8.

I fråga om de elektriska banornas konstruktion har man att skilja mellan två olika typer. Vid den första *ledes* strömmen till vagnarna från en centralkraftstation, vid den andra medföres den erforderliga elektriska drifkraften uppsamlad i *ackumulatorer*.

Strömtillföringen kan, såsom vi redan veta, ske antingen genom skenorna, genom underjordsledning eller genom luftledning, öfver eller under vagnen.

Att använda skenorna till både fram- och återledning är utan tvifvel det enklaste och billigaste men ty värr också det minst pålitliga sättet. Det har nämligen visat sig svårt att isolera skenorna så fullständigt, att icke en stor del af strömmen direkt öfvergår från den ena skensträngen till den andra, således utan någon nytta för bandriften; vid längre sträckor blifva förlusterna till och med så stora, att en rationell drift icke blir möjlig. Svårt är äfven att erhålla god kontakt mellan strömuppfångaren och skenorna, enär dessa ofta äro smutsbelagda. Dessa och äfven andra missförhållanden göra, att detta sätt för strömledningen i allmänhet icke kan användas vid längre sträckor och stark trafik. Att det dock under vissa förhållanden är brukbart bevisas af den nyssnämnda banan till Lichterfelde, hvilken ända till för några år sedan hade strömtillföring uteslutande genom skenorna. Dessa lågo emellertid på en särskild banvall, ändamålsenligt isolerade och så anordnade, att under tågets gång endast kortare skensträckor hvar efter annan stodo i förbindelse med den isolerade strömledningen och att dessas in- och urkoppling verkställdes genom en särskild mekanism af vagnen själf.

Med en sådan uppdelning af skensträckan har man visserligen icke att befara så stora strömförluster, som då strömtillföringen sker genom skenspåret i hela dess längd. Men dels kvarstå alltid de olägenheter, som uppkomma genom smutsbeläggning å skenorna, dels möter det svårigheter att i gatorna anbringa de erforderliga inrättningarna för strömmens öppnande och brytande.

I Amerika har mr J. F. Mc Laughlin från Filadelfia uppfunnit ett ganska sinnrikt elektriskt spårvägssystem. I midten af spåret ligger en kontaktskena, afskuren i 7,6 m. långa, inbördes isolerade sektioner. Matarkabeln framgår under gatan. Vid hvarje sektions ena ände finnes en järnkista med tätt slutande metalllock, liggande i gatuplanet; den innehåller en kontaktmekanism, som sluter eller afbryter den metalliska förbindelsen mellan en sektion och matarkabeln. Sålunda

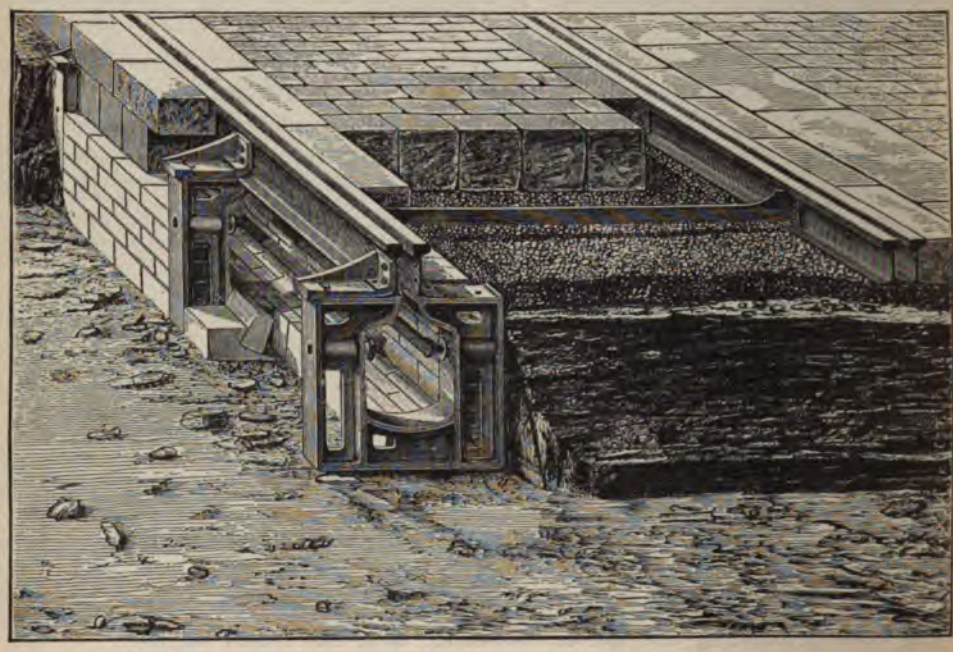


Fig. 402. Underbyggnad med strömledning för den elektriska spårvägen i Budapest.

kommer endast den sektion att vara strömförande, på hvilken spårvagnen befinner sig; men denna sektion är ju i regeln fri från annan trafik.

Kontakten verkställes och afbrytes af en enkel och lätt åtkomlig häfstångsmekanism, som sättes i rörelse af elektromagneter å vagnarna sålunda, att en spårvagns främre elektromagnetpar sluter kontakten för närmaste skenstycke, medan samtidigt det bakre elektromagnetparet afbryter den bakom varande sektionens förbindelse ögonblicket innan vagnen lämnar denna sektion. För öfrigt äro inrättningarna enligt Laughlins system desamma som vid vanliga elektriska spårvägar, om man undantager särskilda säkerhetsapparater å stationen för att markera fel i kontaktmekanismerna.

Vid banor med underjordsledning förlägges i allmänhet den blanka ledningstråden i en trumma längs skensträckan, och vagnen har en fast kontaktanordning, som släpar på tråden. Denna trumma måste tydligtvis vara försedd med vattenafloppp

och tillräckligt rymlig, så att regnvatten icke hinner före afloppet stiga så högt, att det kommer i beröring med ledningen. Där ledningstrummorna af denna orsak måste göras mycket vida, blir ett spårsystem med sådan strömtillföring betydligt dyrt.

Fig. 402 visar en del af den af Siemens & Halske byggda spårvägen i Budapest med underjordsledning. Den ena skenan uppbäres af järnramar med 1,2 meters mellanrum och utgörande stomme för en murad trumma, som innesluter strömledningarna samt upptill har en långsgående öppning, genom hvilken strömmen uppfångas af vagnarna. Ledningarna utgöras af 2 vinkeljärn, fästa å isolatorer uti ramarnas sidor och på sådant sätt, att de mellan sig bilda en smal springa midt under nämnda öppning. Genom denna springa nedgår från vagnen en järnplatta med släpkontakter, som glida längs vinkelskenorna och medelst hvilka strömmen ledes till vagnens elektromotor. Denna anordning är nog ganska god och tillförlitlig men också tämligen dyr.

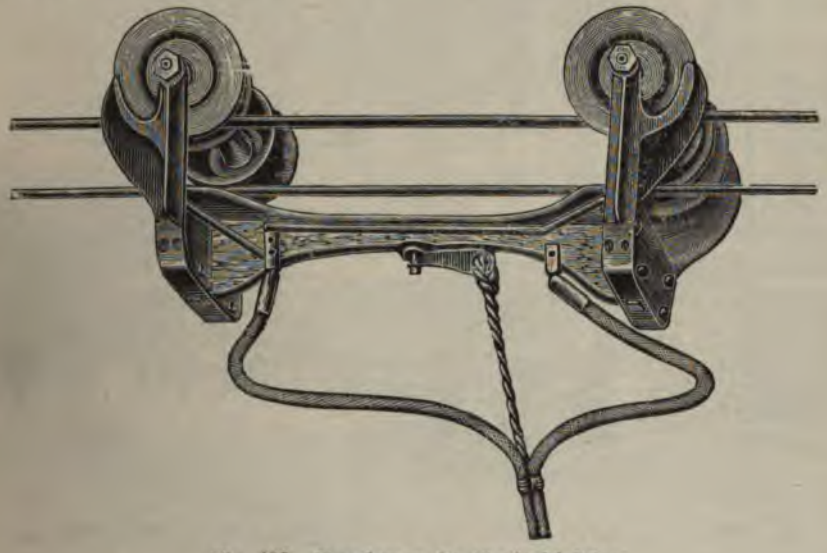


Fig. 403. Kontaktvagn för öfverjordsledning.

Där det utan olägenhet kan ske, använder man emellertid hellre ledningar ofvan jord, hvilket ock är billigare. Att anordna en lämplig förbindelse med vagnarna är emellertid icke en så enkel sak, som det i början kan synas. Svårigheten är att kunna hålla löpkontakterna i god beröring med ledningen och i fri, ostörd rörelse. Man har för detta ändamål användt *löprullar*, men svårt är att på fullt lämpligt sätt föra dessa förbi isolatorerna, och beröringen med den mestadels oxiderade tråden blir dålig. Siemens & Halske hafva för strömtillförseln användt uppskurna järnrör, liggande på stolpar och hvari framlöper en liten metallspole, försedd med släpfjädrar samt fäst vid en från vagnen utgående arm. Genom spolens friktion höll sig järnrörets väl skyddade inneryta tämligen blank, och kontakten blef god.

Löprullarna kunna vara inrättade för en eller två ledningar, konstrueras som små vagnar och förses med spår, afpassade efter trådarna. De medsläpas af vagnen och stå i ledande förbindelse med motorn. Fig. 403 visar en sådan kontaktvagn.

I allmänhet är strömtillföring medelst *löprullar* mindre omtyckt än den medelst vanlig *stång-kontakt*, hvilken är både enklare och pålitligare samt mera ändamåls-

enlig i kurvor och krökningar. Nödvändigheten att med luftledningen följa banans kurvor och krökningar har vållat konstruktörerna rätt stora svårigheter.

I Amerika har man användt kontaktstång med löprulle, som medelst en ledning står i förbindelse med vagnmotorn. Stången tryckes uppåt af en fjäder och håller sålunda rullen anliggande mot den öfver spårets midt löpande ledningen (fig. 404). I stället för kontaktrulle begagnas äfven en glidsko, hvilken berör tråden å större yta och genom gnidningen håller den mera blank.

Vid banor med endast en ofvanjordsledning sker strömmens återledning genom skenorna. Man kan emellertid också göra luftledningen dubbel, så att den äfven ombesörjer återledningen. I sådant fall förses kontaktstången med två rullar (fig. 405).

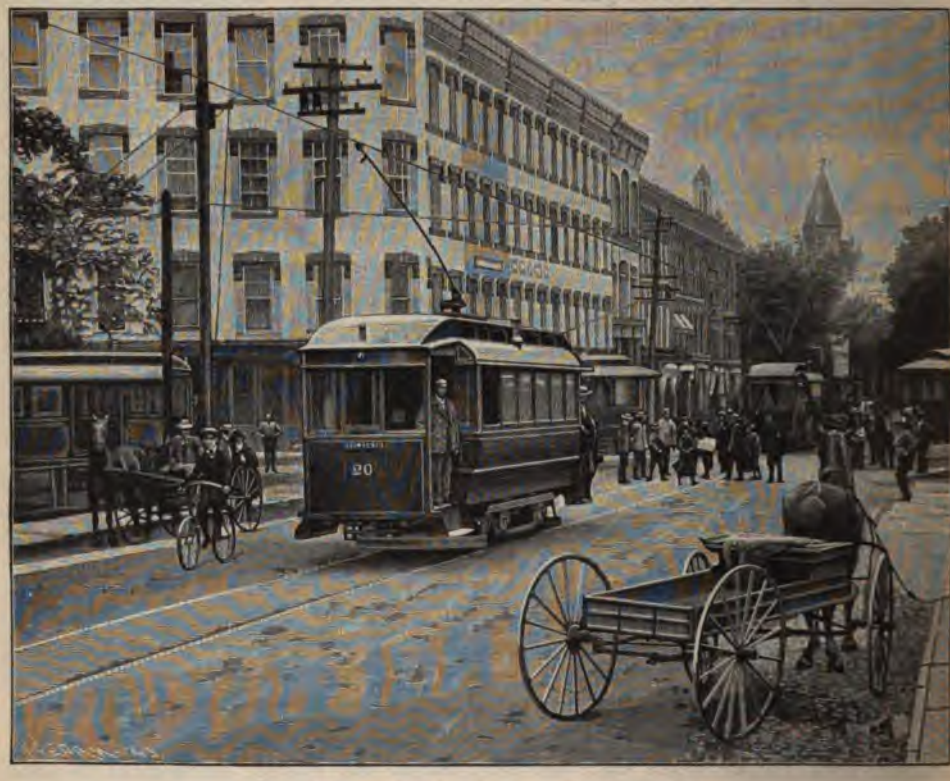


Fig. 404. Elektrisk spårvagn med stångkontakt.

Vid den ofvan omnämnda Lichterfelde-banan har man för några år sedan ersatt stångkontakten med en släpkontakt, som utgöres af en på vagnens tak anbragt fjädrande bygel (fig. 406). Denna anordning har den fördelen, att den breda bygeln kan bibehålla god förbindelse med ledningen, äfven om denna icke så noga följer spårets midtlinie. Detta medför tydligen lättnad och förenkling med hänseende till ledningarnas sträckning. Emellertid är vid denna kontakt beröringsytan emellan metalldelen och ledningen mindre än vid användande af löprulle, hvaremot friktionen och i följd däraf äfven slitningen blir större än vid löprullen. Man har därför vid nämnda järnväg, för att skona den dyra ledningstråden, nödgats omklåda bygeln med en mjuk, ledande metall, som upptager den största slitningen och lätt kan ersättas utan mycken kostnad.

Fig. 405. Elektrisk spårvagn med stångkontakt för dubbelledning.

Fig. 406. Elektrisk spårvagn med fjädrande släpkontakt.

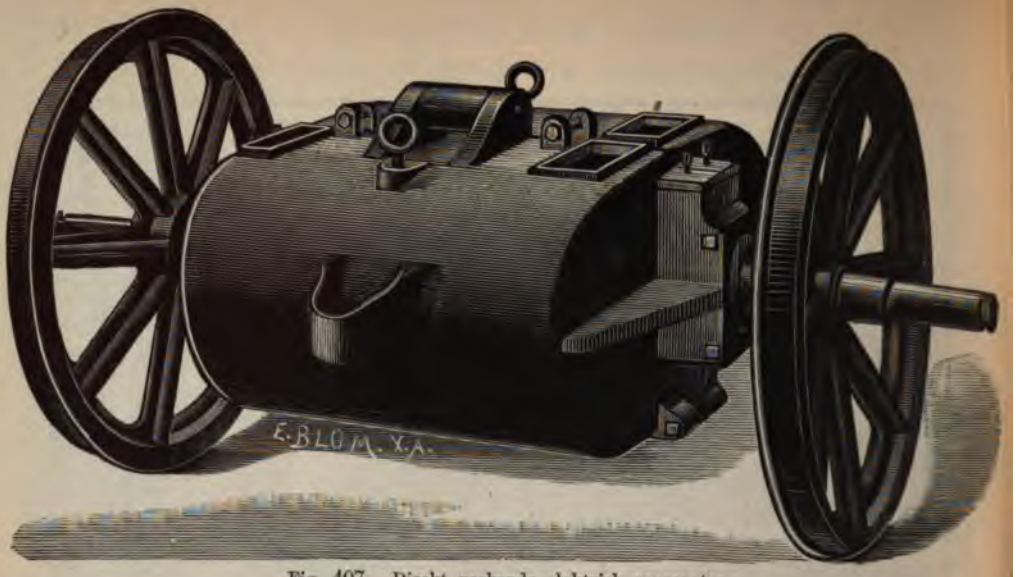


Fig. 407. Direkt verkande elektrisk vagnmotor.

Fig. 408. Motorns uttagning eller insättning under vagnen.

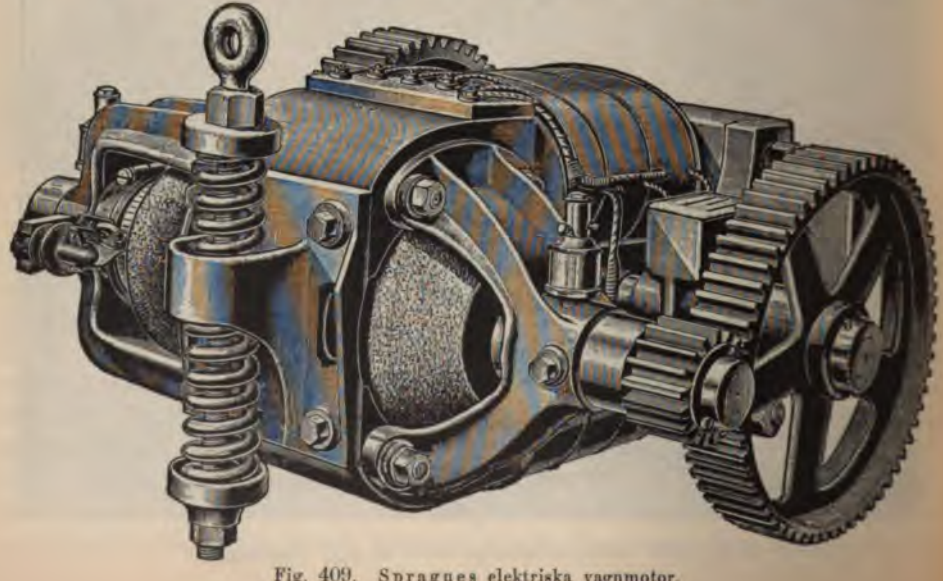


Fig. 409. Spragues elektriska vagnmotor.

Näst strömtillföringen är vid elektriska banor *motorns* anordning af största intresse; en sådan motor måste nämligen uppfylla flera fordringar, som ej komma i fråga vid uppställning å en station. Det mötte till en början icke ringa svårighet att omsätta motorns stora omloppshastighet till vagnsaxelns betydligt lägre hastighet. Remutväxling duger ej, ty remmen skulle snart taga skada af fuktighet och för öfrigt slakna och blifva otillförlitlig. Bättre resultat har man erhållit med ståltrådslinor. I Amerika användes nästan uteslutande kugghjulsutväxling, hvilket utan tvifvel är säkrast men något bullersamt. Då emellertid hvarje kugghjul medför en ökning af kostnad och kraftförlust, har man sökt att konstruera motorer för enkel utväxling, så att motoraxelns kugghjul omedelbart ingriper i vagnshjulaxeln. Ja, man har till och med försökt att sätta motorn direkt på denna axel. Fig. 407 visar en sådan motor, konstruerad af »Westinghouse C:o», och af fig. 408 synes, hur bekväm denna anordning gestaltar sig, om motorn behöfver uttagas eller ombytas. Ännu ha emellertid dessa långsamt gående motorer icke kommit till någon vidsträcktare användning.

En å elektriska spårvägar mycket begagnad utväxlingsmotor är konstruerad af Sprague (fig. 409). Induktorn ligger mellan polerna till en enkel hästskomagnet och har på sin axel ett drifhjul, som ingriper i ett större kugghjul, hvars axel ligger mellan hästskomagnetens skänklar och vid motsatta änden är försedd med ett mindre drifhjul, som i sin ordning inverkar på hjulaxeln. Vid denna motor finnes alltså en dubbel utväxling. Hvarje vagn har en sådan motor för hvardera hjulaxeln.

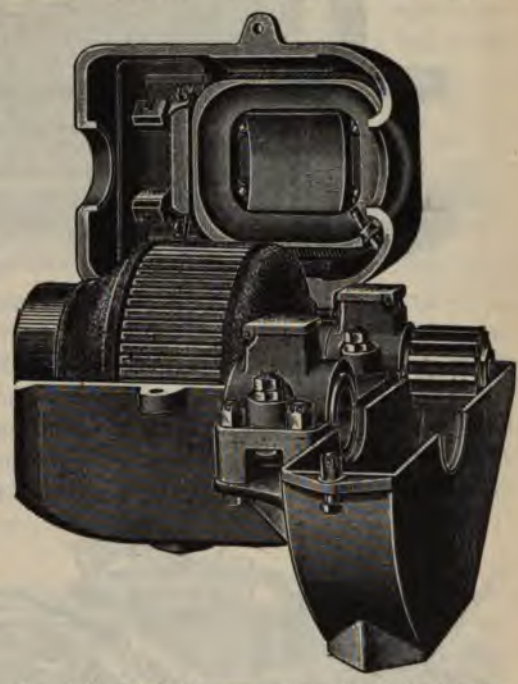


Fig. 410. Elektrisk vagnmotor med enkel utväxling.

En motor af nyare konstruktion är afbildad i fig. 410. Här finnes icke den dubbla utväxlingen. De rörliga delarna äro, så vidt ske kunnat, inneslutna i en låda, hvilken därjämte utgör magnetens järnkärna. Huru sådana motorer kombineras med vagnsaxeln visas af fig. 411, ehuru den där afbildade motorn har en annan men dock närsläktad konstruktion. Som däraf synes, äro motor och axel förenade till ett kompakt helt, hvilket lätt kan skiljas från vagnen. Själfva motorställningen är vridbar kring axeln och genom starka fjädrar vid sin andra ände fäst vid vagnsunderredet. Samtliga rörliga delar äro väl skyddade utan att därför vara svåråtkomliga. Hur motorn anbringas i vagnsunderredet kan ses af fig. 412; bådadera äro här af »Thomson-Houstons» konstruktion, något olika mot Spragues. Detta bolags system har funnit användande vid många järnbanor i Amerika och bagagnas i Europa vid spårvägarna i Bremen, Newcastle m. fl.

Farten kan regleras på två sätt. Enklast är att minska motorns omloppshastighet genom att inkoppla motstånd i strömledningen; därigenom minskas spän-

ningen vid polskrufvarna eller ändras maskinens elektromotoriska motkraft. Vid detta förfaringssätt blir regleringsmekanismen visserligen mycket enkel att sköta, ty detta kan ske med en enda vef; men olägenheten är att motorn uträttar mindre arbete, i samma mån omloppshastigheten minskas. Så länge vagnen går på jämn mark, uppfyller denna mindre kraftutveckling ändamålet att minska farten; men vid

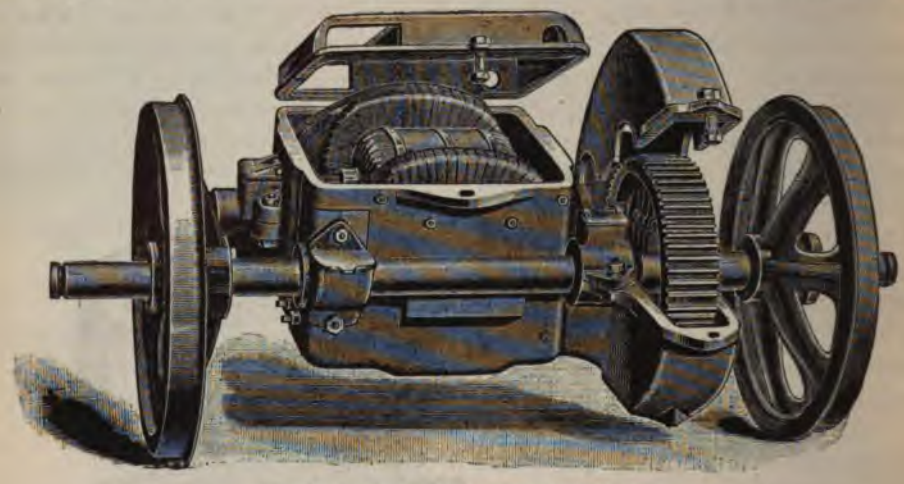


Fig. 411. Motorns förening med hjulaxeln.

stigningar inträder ett annat förhållande. Här vill man minska farten just i ändamål att öka kraften, men denna fordran uppfylles icke genom en minskning af motorns arbetseffekt. Man har därför anlitat andra hjälpmedel. Sålunda har ingeniör J. L. Huber i Hamburg föreslagit att låta motorns hastighet och arbetsutveckling förblifva konstanta men genom en särskild kopplingsmekanism ändra utväxlingarna,

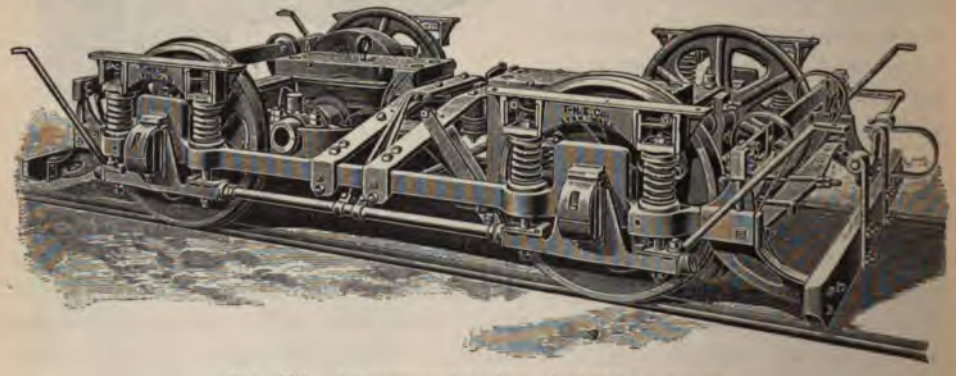


Fig. 412. Spårvagnsunderrede med elektriska motorer.

så att man kan sänka hjulaxelns omloppshastighet ända till hälften af den normala. Då motorn likväl fortfarande arbetar med oförändrad hastighet, ökas dragkraften, i samma mån som farten minskas.

Såsom exempel på det allmänna anordnandet af elektriska banor må här lämnas en kort redogörelse för banan *Stockholm—Djursholm*, hvilken ju för oss har särskildt intresse såsom förstlingen bland Sveriges elektriska passagerarbanor. Denna bå-

som äges af Stockholm—Rimbo järnvägsaktiebolag, uppläts för trafik våren 1895 och har en totallängd af 11,2 km. Med undantag af en kort sträcka är spåret detsamma, som i flera år trafikerats medelst ånglokomotiv. Spårvidden är 0,9 m.

Kraftstationen är belägen vid Stocksund nästan midt mellan ändstationerna. Generatorerna utgöras här af tre dynamomaskiner af Edison-Hopkinson-typen med Gramme-induktorer, drifna medelst remutväxlingar af tre compoundmaskiner med dubbelvefvar. Ångmaskinerna, hvilka tillika med de två ångpannorna jämte pumpen för centralkondensering utförts vid Munktells mek. verkstad i Eskilstuna, äro af amerikansk typ med svänghjulsregulatorer. De göra 220 hvarf i minuten och utveckla under normala förhållanden från 80 till 120 hästkrafter hvardera.

Förutom denna kraftkälla finnes vid Östra stationen ett större ackumulatorbatteri, med uppgift att förstärka ledningsströmmen å den dit ledande begynnelsesträckan af banan, som har ganska svåra stigningar. Batteriet består af 240 celler af s. k. klorblyackumulatorer. Strömspänningen vid kraftstationen är 600 volt och batteriets spänning 500 volt. Batteriet är direkt förbundet med linien och laddas eller urladdar sig automatiskt, allt eftersom strömförbrukningen varierar; det erfordrar således ingen vidare tillsyn.

Banan är försedd med luftledning, och strömmen återledes genom skenorna, hvilka vid skarfvarna äro förenade medelst kopparbleck. Luftledningen är indelad i fyra sektioner, sammankopplade genom automatiska säkerhetsmetaller försedda med strömbrytare. Om ett fel uppstår någonstädes på linien, frånkopplas sålunda en af sektionerna, utan att hela banan därför göres otjänstbar. Ledningen matas genom fyra från hufvudstationen till de respektive sektionerna utgående matarekablar, så att ström tillföres på fem ställen af linien. Ledningstråden, af massiv koppar och af $8^1/_2$ mm. diameter, uppbäres på 5,3 m. höjd öfver marken af stolpar å 40 m. inbördes afstånd. I kurvor är afståndet endast 18 m. På alla ställen, där ledningarna korsas af telefontrådar, äro skyddstrådar anbragta. Vid nedre Engelbrektsgatan är största stigningen å banan, 1 : 21, men å öfriga delar 1 : 40. Tåghastigheten får icke öfverstiga 30 km. i timmen.

Banan har fyra motorvagnar (boggietypen), af hvilka två hafva motorer af tillräcklig styrka att framdrifva endast vagnen själf, medan de öfriga båda dessutom kunna draga en 14-tons boggievagn. Kraftanläggningen är tillräcklig för alla fyra motorvagnarna i samtidig gång. Hvarje vagn väger tom 17—$17^1/_2$ ton, är afdelad i två rum, har sittplatser för 44 personer och rymmer inalles 70 passagerare. Den elektriska strömmen tillföres genom tvenne kontaktarmar af trä, hvilka utskjuta framåt och bakåt från hvar sin ände af vagnstaket och genom fjädrar hållas tryckta mot luftledningen. I stället för kontaktrulle användas här skenor eller rör för åstadkommande af kontakten; öfvergången vid växlarna blir därigenom säkrare.

Banans elektriska utrustning har levererats af firman Mather & Platt i Manchester, hvilken äfven byggt vagnarnas underreden och ställ. Dessa hafva dock sedermera måst delvis förstärkas eller ombyggas.

Förutom banor med yttre strömtillföring, hvilka fått den största användningen, finnes det äfven elektriska banor med *ackumulatordrift*. Trots stora ansträngningar från ackumulatorernas målsmän hafva dessa ackumulatorvagnar dock icke kommit till allmännare användande, dels emedan driften ställer sig omständligare och dyrare än vid yttre strömtillföring, dels också emedan det ej lyckats att förse dessa vagnar med batterier af tillräcklig kraft och varaktighet för längre tids gång. Detta

oaktadt står denna fråga likväl alltjämt på dagordningen, ty det kan icke förnekas, att icke ackumulatordriften också har sina stora fördelar. Dessa bestå hufvudsakligen däri, att en befintlig skensträcka utan någon förändring kan användas för

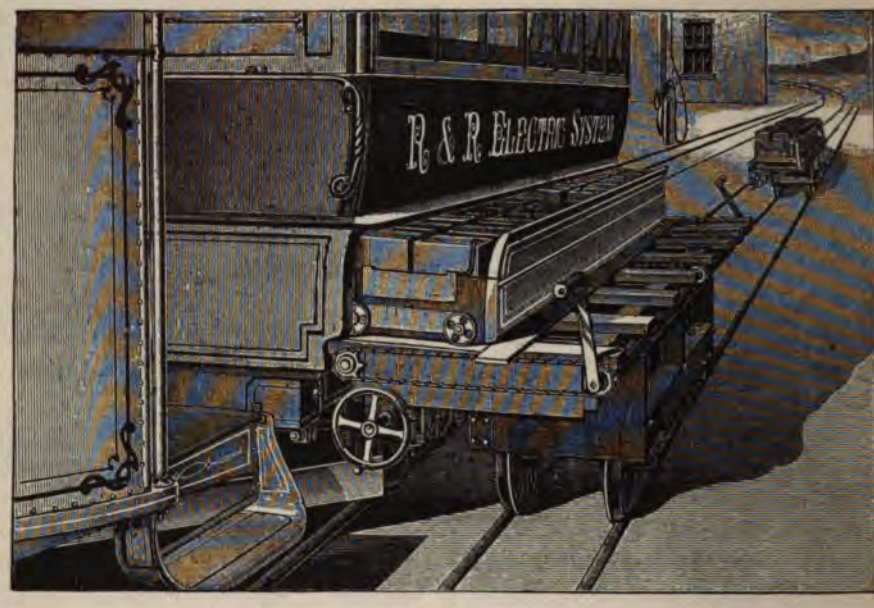


Fig. 413. Ackumulatorbatteris insättande i en elektrisk spårvagn.

ackumulatorvagnar och att man icke behöfver yttre ledningar, hvilka alltid äro något hindersamma för trafiken och tillika vanprydande.

Problemet att på ett billigt och enkelt sätt kunna magasinera elektricitet är ännu långt ifrån löst; man kan vänta sig betydande framsteg på detta område, och

Fig. 414. Adams elektriska pelarbana.

därför är det nog antagligt, att i framtiden vagnar, på ett rationellt och billigt sätt drifna af magasinerad elektricitet, komma att trafikera banor med eller utan skenor.

Omfattande försök ha i Hamburg, Bryssel och Paris utförts med ackumulatorvagnar, hvari ackumulatorerna haft sin plats under bänkarna. För batteriernas in-

och uttagning finnas dörrar å vagnens sidor (fig. 413). Hela batteriet står i ett särskildt ställ, försedt med rullar och hvilket genom ett handspel kan inskjutas eller utdragas till den lilla transportvagnen, hvarå det föres till laddningsrummet.

I Paris har man nyligen inrättat två sådana spårvägslinier från S:t Denis längs bulevarderna. För erhållande af olika farhastigheter är batteriet deladt i 4 lika stora delar, hvilka kunna kopplas parallelt med hvarandra eller i två parallela grupper efter hvarandra eller slutligen alla i serie, så att man på detta sätt kan få tre olika spänningar. Hvarje vagnsaxel har en motor om 10 hästkrafter, och man kan antingen koppla båda motorerna efter hvarandra, hvilket motsvarar vagnens normala hastighet, eller båda motorerna parallelt, hvarigenom hastigheten ökas. Vagnen väger inalles 13,000 kg., hvaraf 2,600 kg. komma på ackumulatorbatteriet.

Vi komma nu till de elektriska *pelarbanorna* och *tunnelbanorna*, hvilka för de stora världsstäderna med alltjämt växande gatutrafik erbjuda ett lämpligt medel att tillfredsställa behofvet af snabb och säker personbefordran. Med användande af elektrisk kraft blir nämligen driften betydligt enklare och mindre bullersam och banan kan byggas med lättare konstruktion, än då det är fråga om vanlig järnvägsmateriel. För Chicago har man sålunda projekterat ett vidsträckt nät af elektriska pelarbanor i gatorna. För att icke för mycket belamra dessa med ställningar för banans uppbärande har Adams föreslagit att använda enspåriga banor, byggda på en rad stolpar och där vagnen går tvärs öfver bärskenan (fig. 414, 415). Motor och hjul ligga i vagnens midtelparti; under densamma finnas styrhjul å båda sidor för vinnande af nödig stadga. Sätena äro så anbragta, att passageraren har fönstret framför sig. Strömtillföringen sker genom en isolerad ledningsskena, på hvilken vagnens glidkontakt släpar.

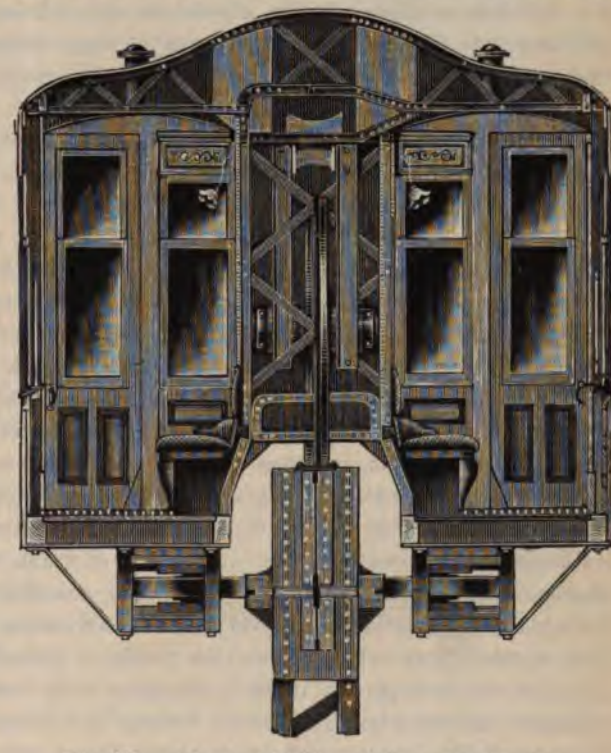


Fig. 415. Adams elektriska pelarbana; tvärskärning.

I New-York finnes sedan några år en s. k. Elevated railroad med elektriska lokomotiv. Detta har en elektromotor af Dafts system — Grammes induktor, Siemens' elektromagneter —, som genom en egendomlig utväxling verkar på de båda främre, 1,2 m. höga hjulen. Motorn är försedd med ett slags ledgång, så att främre änden kan höjas eller sänkas medelst en skruf, och sålunda friktionen mellan hjulen ökas eller minskas i mån af behof. Regleringen af dragkraft och fart sker genom förändring af elektromagneternas ström, utan förmedling af motstånds-

spiraler. Strömmen alstras af två dynamomaskiner och tillföres motorn genom en särskild mellanskena, hvilande på isolatorer, samt en på skenan löpande rulle, som kan höjas eller sänkas genom en häfstång. Motorns arbetseffekt uppskattas till 75 hkr. vid normal tåghastighet af 29 km. i timman. Lokomotivet väger 9 ton.

I Berlin har firman Siemens & Halske erhållit koncession på anläggande af ett vidsträckt nät af elektriska spårvägar å stadsgatorna, utförda som så kallade pelarbanor, men på kortare sträckor i tunnlar och utanför staden lagda i gatans plan. De med allt skäl anmärkta olägenheterna af gatornas belamrande med höga viadukter vill man möjligast minska genom att därtill välja endast de bredaste gatorna samt bygga viadukterna med lätt och enkel konstruktion. Hvarje vagn erhåller en till två elektriska motorer och blir således sitt eget lokomotiv, en anordning som medför beaktansvärda fördelar. Vagnarna blifva nämligen fullkomligt oberoende af hvarandra, tåglängden kan vid särskilda tillfällen lätt varieras efter trafikbehofvet, vagnar och bana kunna byggas med lättare konstruktion.

På senare tider har man i stora, starkt trafikerade städer äfven börjat förlägga de elektriska banorna under marken i tunnlar; storartade förslag i denna riktning hafva uppgjorts för Paris, Berlin, London m. fl. större städer.

London äger för närvarande blott en elektrisk tunneljärnväg, mellan City och Southwark, men denna har lämnat så fördelaktiga ekonomiska resultat, att man nu ämnar bygga icke mindre än sex sådana banor med tunnlarna lagda ungefär 20 m. under gatorna. En af dessa järnvägar är för närvarande under byggnad, nämligen »Central London Railway», mellan Shepard's Bush och Liverpool street, ett afstånd af $6^1/_2$ eng. mil. Den erhåller 14 stationer; tågen skola stanna vid dem alla och följa hvarandra med $2^1/_2$ minuts mellantid. Kostnaden för hela anläggningen med materiel beräknas till den ansenliga summan af 65 millioner kronor. På några punkter af linien komma spåren att ligga 26 m. under jordytan. Hydrauliska hissar skola föra passagerarna från och till tågen och tvärtunnlar förmedla kommunikationen mellan stationens båda sidor. Bolaget väntar sig en trafik af mellan 50 och 60 millioner passagerare om året. Två tunnlar af cirkulär genomskärning och 3,5 m. diameter samt beklädda med järnplåt, byggas vid sidan af hvarandra; arbetena drifvas samtidigt från båda ändpunkterna och beräknas vara färdiga i december 1897.

Då det är fråga om trafik å stadsgator eller i kvafva tunnlar, har den elektriska järnvägen alldeles påtagliga fördelar framför den vanliga med dess rökbolmande ånglokomotiv. Men i skog och mark tyckes frågan vara mera tvifvelaktig; den måste emellertid anses stå på dagordningen, då man ser, huru det ena stora förslaget till elektriska järnbanor framställes efter det andra både i Amerika och i Europa.

Hittills har det så godt som uteslutande varit på den egentliga spårvägstrafikens område, som de elektriska banorna kommit till användande. I de amerikanska storstäderna äro afstånden så långa och affärsverksamheten så feberaktigt brådskande, att spårvägar med liflig trafikverksamhet där måste vara ett vida kännbarare behof än i gamla världen. Hästspårvägar hafva så stora olägenheter, att det är ganska förklarligt, det de mångenstädes äro på väg att lämna plats åt de elektriska. Spårvagnshästen är sedan länge ett föremål för den djurskyddsvänliga allmänhetens medlidande. Hans dragkraft, i hög grad ansträngd vid den oupphörliga igångsättningen af den tunga vagnen, tages däremellan endast föga i anspråk, men icke dess mindre måste han ständigt trafva framåt och sålunda onödigtvis trötta ut sig. Detta oaktadt blir hastigheten allt annat än tillfredsställande, då trafiken är liflig. Den elektriska

spårvägen erbjuder däremot snart sagdt idealiska förhållanden. Utan att såsom ånglokomotivet utspy rök, sot och glödande gnistor ilar den elektriska spårvagnen fram med all önsklig hastighet. Dess motor utvecklar sin största drifkraft just vid igångsättningen, och kan därefter så godt som fullständigt afstängas, då vagnen rullar vidare på grund af tröghetskraften, och denna motor verkar lika lätt både bakåt och framåt. Erfarenheten visar ock, att då trafiken är liflig och kräfver stor hastighet, de elektriska spårvägarna äfven i ekonomiskt afseende lämna bättre resultat än andra. Sådana gatuspårvägar finnas ock i flera europeiska städer. I vårt land har man nu i Göteborg beslutat utbyta hästspårvagnarna mot elektriska sådana. För många hägrar som ett nära liggande framtidsperspektiv att låta den elektriska kraften inkräkta på ångans område äfven på de egentliga järnvägarna.

Ånglokomotivet har beaktansvärda olägenheter, på hvilka vi dock icke här kunna närmare inlåta oss. Bland dessa har man emellertid framför allt anmärkt stötar och skakningar under tågets gång samt svårigheterna att kunna uppdrifva hastigheten ännu mera än hittills skett. Den hastighet, som en del engelska och amerikanska kurirtåg redan uppnått, anses närma sig den högsta gräns, hvartill man kan komma med ånglokomotiv. Med elektriciteten som drifkraft kunna dessa olägenheter till stor del undvikas, och det finnes ingen tvingande orsak att sammanföra dessa långa otympliga tåg, som man nu så ofta får se slingra fram på järnvägarna. Den elektriska motorn kan mycket lätt insättas i hvarje vagn, om man så vill; drifkraften fördelas då på hela tåget, och de tunga lokomotiven blifva obehöfliga. Denna motor utför sitt arbete utan nämnvärda stötar och skakningar. På grund häraf, och om man därjämte bygger själfva banan så rak som möjligt, har man hyst den djärfva förhoppningen att på elektriska järnvägar åstadkomma den svindlande farten af mer än 200 km. i timmen. Förslag har uppgjorts af firman Ganz & C:o till en sådan bana mellan *Wien* och *Budapest*. Hela färden skulle kunna göras på knappt 1 timme och vagnarna följa hvarandra med korta mellantider. Dessa hafva en mycket långsmal form (45 m. längd, 2 m. bredd) med skarpt tillspetsade ändar för att minska luftmotståndet. Främre och bakre afdelningarna upptagas hvardera af två elektromotorer om 200 hkr., verkande å fyra väldiga drifhjul, lika höga som hela vagnen. Drifkraften är således inalles 800 hkr. och kan för kortare tid betydligt ökas, exempelvis i stigningar. Men däraf åtgår ej mindre än hälften till öfvervinnande af luftmotståndet. Vagnens mellersta del rymmer de 40 passagerarne. Den elektriska strömmen skulle, med en spänning af 10,000 volt, alstras i en generatorstation vid midten af banan och, lämpligen omvandlad genom transformatorer, medelst kontaktskenor och löprullar öfverföras till elektromotorerna.

Tekniska och ekonomiska betänkligheter ha emellertid allt hittills afhållit från utförande af detta i alla händelser intressanta förslag, hvartill emellertid ett motstycke sett dagen i den nordamerikanska västern. Om en sådan bana kunde tänkas utförd i vårt land, skulle med ett sådant blixttåg exempelvis vägen från Göteborg till Stockholm tillryggaläggas på mindre än tre timmar.

Fullkomligt egendomligt är I. Heilmanns förslag att i stället för ånglokomotiv använda ett elektriskt lokomotiv, bestående af ång- och dynamomaskin samt motorer. Den elektriska strömmen drifver de med hjulaxlarna förenade elektromotorerna och sätter sålunda hela tåget i rörelse. Invändningen, att det ju vore vida enklare att låta ångkraften direkt verka på lokomotivaxlarna, bemötes af uppfinnaren med det påståendet, att kolens förbränningsvärme bättre kan tillgodogöras genom dynamodriften

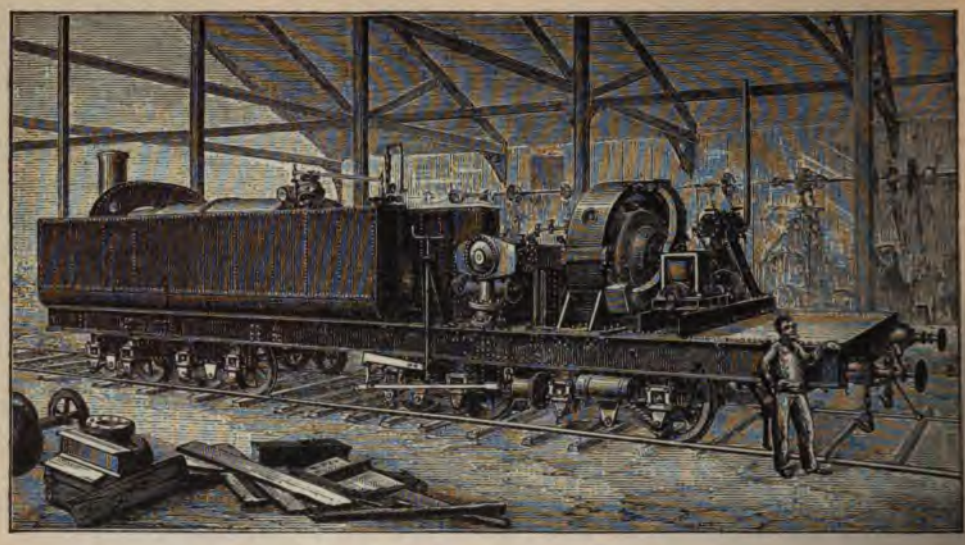


Fig. 416. Maskineriet i Heilmanns elektriska lokomotiv.

Fig. 417. Elektriskt lokomotiv i Baltimore-tunneln.

och att elektrolokomotivet har en mycket lugnare gång. För att bevisa riktigheten af denna sin åsikt lät Heilmann bygga ett sådant lokomotiv, hvilket år 1894 började sina profresor.

Det Heilmannska lokomotivet (fig. 416) är 16 m. långt och består af två boggies, hvardera med två axlar och lika många elektromotorer, samt en å dem hvilande ram, uppbärande ångpanna, ångmaskin och en därmed direkt kopplad, sexpolig dynamo. Dessutom finnes en liten ångdynamo, afsedd att magnetisera den stora maskinen samt till lokomotivets och tågets belysning. Vid tågets igångsättning kopplas motorerna efter hvarandra men förenas parallelt, så snart normal tåghastighet är uppnådd.

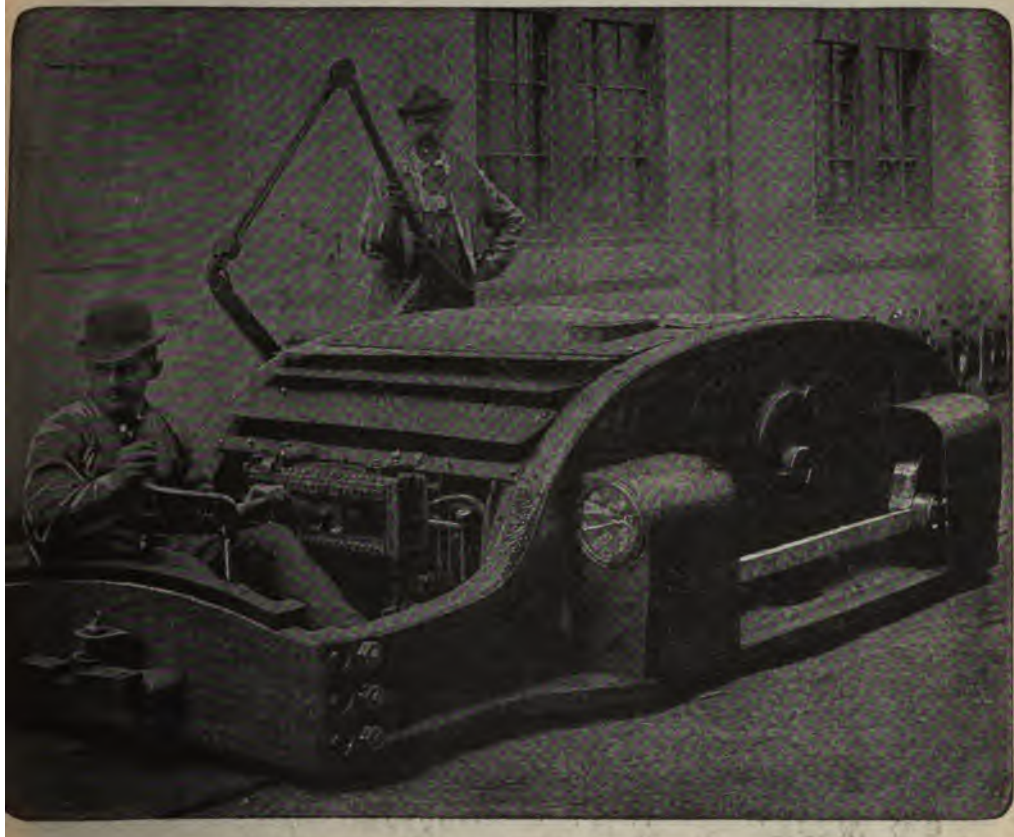


Fig. 418. Gruflokomotiv tillverkadt af Thomson-Houston C:o.

I en belgisk verkstad är nu under byggnad ett nytt lokomotiv efter Heilmanns system, men kraftigare och med åtskilliga förbättringar i detalj. Ångmaskinen, om 1,400 hästkrafter, drifver två större och en mindre för magnetiseringen afsedd dynamo; den elektriska energien öfverföres på 8 motorer.

Af synnerligt intresse äro de elektriska lokomotiv, som nyligen byggts i Amerika för att draga person- och godståg genom den ovanligt långa tunneln under staden *Baltimore* (fig. 417). Man har valt den elektriska drifkraften för att undvika den skadliga och obehagliga stenkolsröken. Dessa lokomotiv äro mycket stora och uppnå en hastighet af 65 till 80 km. i timmen. De hafva hvardera en tyngd af 95 ton, fördelade på två boggieställ med åtta drifhjul. Hjuldiametern är 1,58 m.; hvardera

axeln påverkas direkt af en sexpolig motor. Lokomotiven lära vara garanterade att draga en last af 1,200 ton med en hastighet af 48 km. i timmen. Tunneln är $2^1/_4$ km. lång och har jämte den elektriska anläggningen kostat 30 mill. kronor.

Såsom en kuriositet vid denna järnväg kan nämnas, att man för att öka vidhäftningen mellan lokomotivens drifhjul och skenorna och sålunda förhindra slirning vid fuktig väderlek, försett lokomotivet med en liten dynamo, som medelst en elektrisk ström magnetiserar drifhjulen. Denna anordning har gifvit goda resultat, så att man till och med lyckats att köra uppför branta stigningar på hälften af den eljest vanliga tiden.

De elektriska lokomotiven i egentlig mening ha emellertid hittills mestadels afsett godstransport, och här är det i första rummet *gruflokomotiven*, som tilldraga sig uppmärksamheten. Vi hafva redan i det föregående afbildat ett sådant lokomotiv. Strömtillföringen vid dessa maskiner sker nästan uteslutande ofvan jord, medelst ledning i grufschaktets tak eller på särskilda stolpar.

I konstruktivt afseende förete dessa lokomotiv jämförelsevis litet nytt utöfver det redan sagda. Det är tydligtvis enklare att anbringa motorn i ett särskildt lokomotiv än under en vagn, där utrymmet är trångt; en större motor i lokomotivet är dessutom ändamålsenligare och billigare än flera små under vagnarna. Då utrymmet tillåter, sätter man motorn på vagnstället och öfverför rörelsen genom järntrådslinor eller kugghjul. En tätt slutande låda skyddar motorn mot vatten, smuts och damm.

Ett af de största gruflokomotiv, som tillverkats, afbildas i fig. 418; det är 4 m. långt och 1 m. högt, väger 11,000 kg. samt har en arbetsförmåga af 60 hästkrafter. För att öka stabiliteten ligger motorn tämligen djupt men är, trots sitt läge mellan hjulaxlarna, lätt tillgänglig ofvanifrån. Det i fig. 419 och 420 afbildade lokomotivet har en friktions- och kugghjulsmekanism för öfverförande af rörelsen från motorn till vagnsaxlarna. Strömtillföringen sker genom en stångkontakt, som löper längs takledningen.

Den stora betydelsen af sådana elektriska lokomotiv liksom af den elektriska driften i öfrigt för bergverken kan inses af nedanstående uppgifter, hämtade ur ett föredrag af doktor Otten 1891: »I grufstaden Aspen i Colorado erhålles den för grufdriften erforderliga kraften från åtta 150 hästars turbiner. Vattnet kommer från en damm på ungefär 5 km. afstånd, bildad genom konstgjord uppdämning af en flod och hvarifrån vattnet framströmmar i en rörledning med ett fall af 266 m. Turbinerna drifva dynamomaskiner, hvilka belysa staden och alla grufvorna; en del af strömmen går till elektromotorer om 3 till 75 hästkrafter, uppställda c:a 3 km. från turbinstationen och som drifva linbanor, gruflokomotiv, pumpar och arbetsmaskiner, både öfver och under jord.» I fråga om tillgodogörande af vattenkraft för elektriskt ändamål har Amerika redan kommit mycket långt och gifvit Europa goda väckelser.

Elektriska banor hafva äfven kommit till användning för andra ändamål, såsom för materialtransport inom fabriker eller eljest och äfven å sträckor på samma sätt som vid de bekanta linbanorna. *Fabriksbanorna* skilja sig endast obetydligt från grufbanorna. Lokomotivets konstruktion kan dock förenklas, ty i de flesta fall behöfver man icke taga hänsyn till sådana driftstöringar, som kunna inträffa i bergverken och hvilka kräfva särskilda motanstalter. Ett sådant lokomotiv kan därför ofta åstadkommas på mycket enkelt sätt genom att på en låg vagn ställa en elektromotor med drifrem till vagnshjulen. Där elektrisk belysning finnes och större materialtransport förekommer, kan det elektriska transportmaskineriet sålunda blifva både billigt och bekvämt.

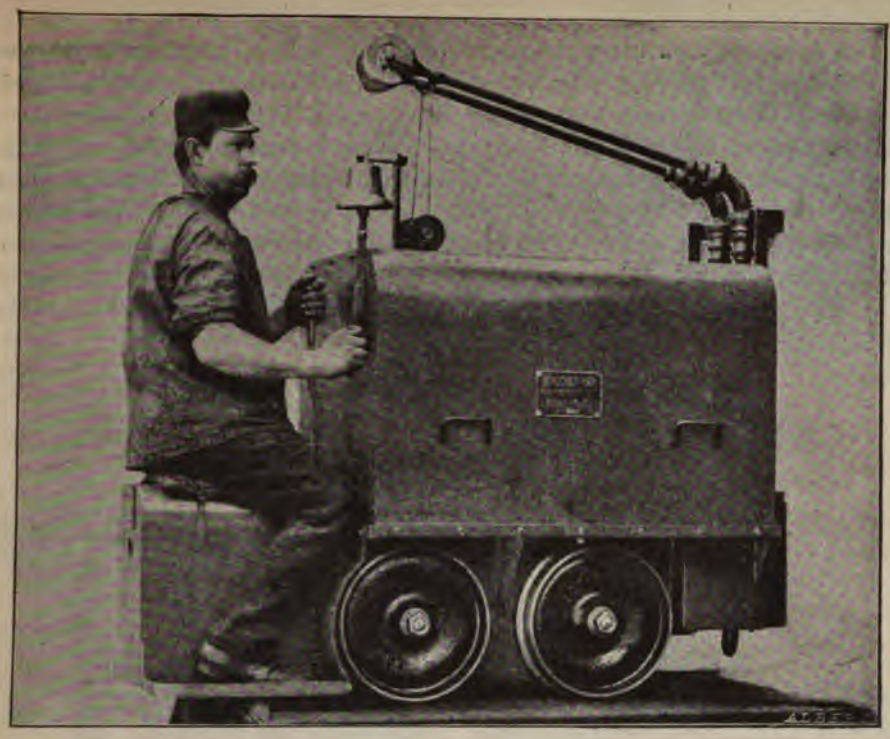


Fig. 419. Schuckert & C:os gruflokomotiv.

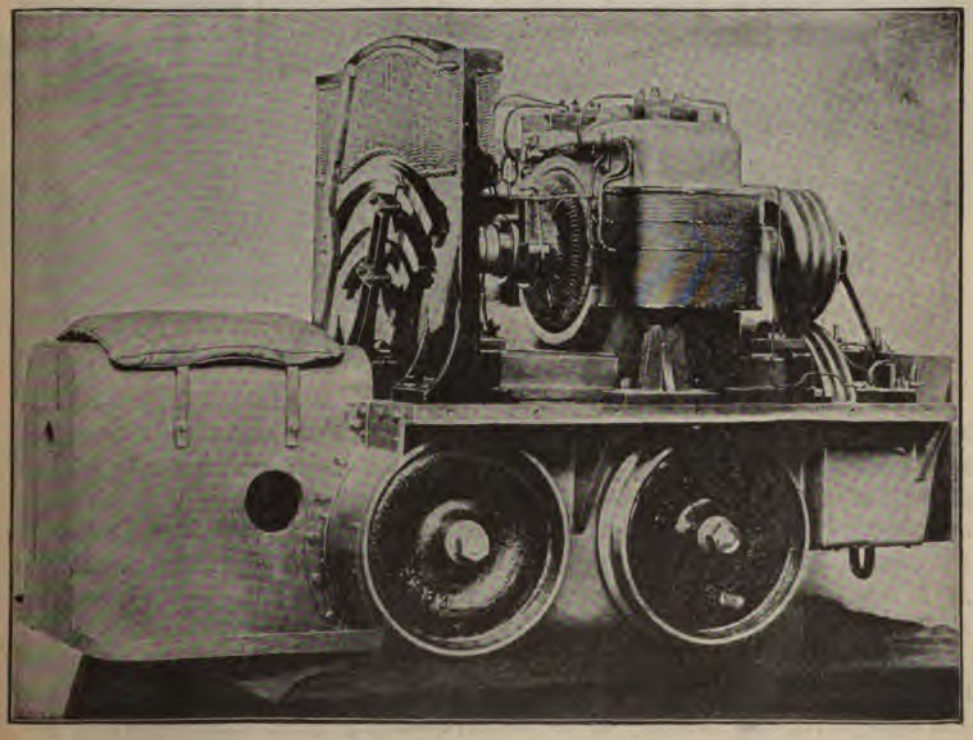


Fig. 420. Gruflokomotivets maskineri.

På de senare åren hafva just sådana elektriska anläggningar funnit mycken användning och helt naturligt föranledt ändamålsenligare lokomotivkonstruktioner, särskildt afsedda för fabriks- och småtransportbanor. Fig. 421 visar en konstruktion af detta slag, utförd af Gebrüder Körting. Motorn ligger i vagnstället, och föraren kan fritt röra sig på plattformen. Kontakten med ledningen åstadkommes genom en glidbygel vinkelrät mot ledningen och hvilken genom en med parallelogramrörelse *D* försedd fjäder tryckes uppåt. För lokomotivets styrning och bromsning finnes en handratt *B* och en vef *C*.

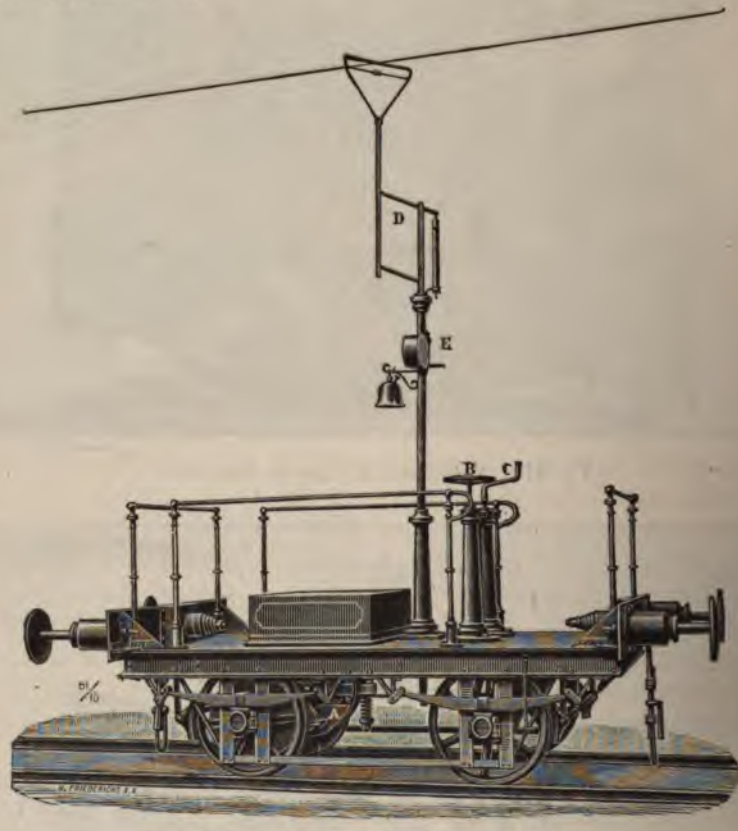


Fig. 421. Elektriskt lokomotiv för fabriksbanor.

För Vermbohls bruk har Allm. Svenska Elektr. Aktiebolaget i Västerås konstruerat ett elektriskt lokomotiv för godstransport, som visas i fig. 422. Lokomotivet har en vikt af c:a 5,000 kg. samt en dragkraft vid största förekommande stigning (1 : 67) af 6,500 kg. Hastigheten utgör 2,25 m. i sekunden. Linien har en längd af 2,000 m. Strömmen tillföres genom en yttre ledning öfver skenorna och återledes sedan genom dessa. Ledningen utgöres af en siliciumbronstråd med en diameter af 5 mm. Motorn har en styrka af 6 hkr. och är konstruerad för en spänning af 500 volt.

Ett egendomligt system för sådana transporter å luftbanor är tillämpadt på de i England förekommande »*Telpher-banorna*» (fig. 423). Vagnskorgarna hänga på rullar, som löpa på två ståltrådslinor, en för hvardera riktningen, och tillika utgörande led-

ningar för strömtillföringen. För återledningen har man påfunnit en sinnrik anordning, hvars grundidé framställes af fig. 424.

De särskilda korgarna förenas först genom en lång stång, å hvars midt elektromotorn är anbragt. Linan är i fråga om strömledningen uppdelad i flera delar, hvar och en med nära samma längd som tåget och förenade icke med hvarandra utan sicksackvis med den andra linans sektioner, på sätt de prickade tvärlinierna å bilden antyda. Strömriktningen växlar således för hvar annan del af samma lina. Nu är tåglängden så afpassad, att de båda ändarna, som uppbära glidkontakterna, städse befinna sig på två olika men omedelbart på hvarandra följande lindelar. De stå sålunda alltid i

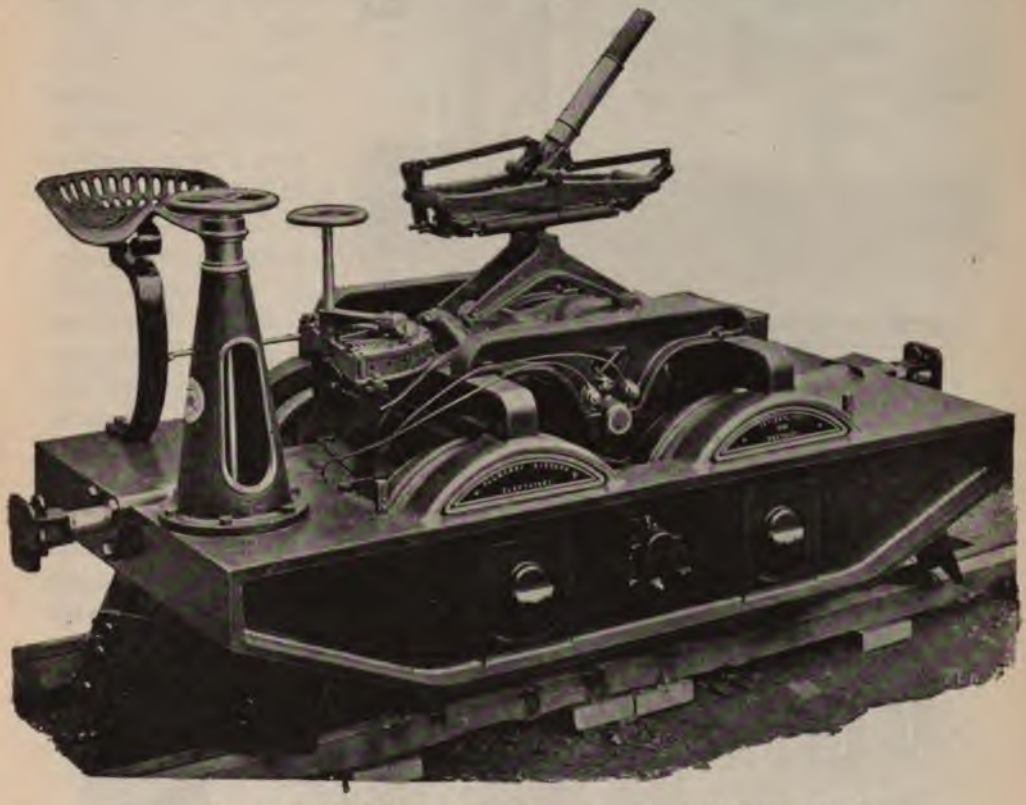


Fig. 422. Elektriskt lokomotiv för godstransport, tillverkadt af Allm. Svenska Elektr. Aktiebolaget i Västerås.

förbindelse med strömkällans båda poler, och den bakre kontakten lämnar sin lindel i samma ögonblick, som den främre lämnar sin. Visserligen omkastas på samma gång polerna, med hvilka glidkontakterna stå i förbindelse, och således äfven strömriktningen i motorn, men denna växling ändrar icke motorns rörelseriktning. Tåget kommer alltså att fortgå från del till del längs hela linsträckan och störes icke af öfriga tåg hvarken på samma eller den andra linan.

Ganska egendomlig är äfven den bana, som konstruerats af John Williams i New-York för snabb befordran af bref och paketer i stället för de hittills för kortare sträckor och mindre behof afsedda tryckluftbanorna. Märkligt nog framställdes idéen till en sådan bana redan för trettio år sedan, då ingen ännu tänkte på elektriska

banor. Italienaren Borelli föreslog nämligen att låta en elektrisk ström gå genom en stor trådspiral, innesluten i en trumma, och använda den genom strömmens inverkan alstrade kraften — hvilken som bekant söker att draga en rörlig järnkärna in åt midten af spiralen — för att framdrifva en i spiralens inre löpande järnvagn. I denna form var emellertid idéen mycket opraktisk. En förbättring däraf är Williams elektriska snällpost (fig. 425). Banan består af ett skenspår, hvilande på stolpar och försedt med trådspolar på ungefär en meters inbördes afstånd. Kommer nu den långsträckta järnvagnen med sin ena ände in i en sådan elektrisk spiral, så söker denna att draga in vagnen, till dess dennas midt kommer in i spiralen. Men i detta ögonblick har framänden uppnått nästa spole och stöter här mot en om-

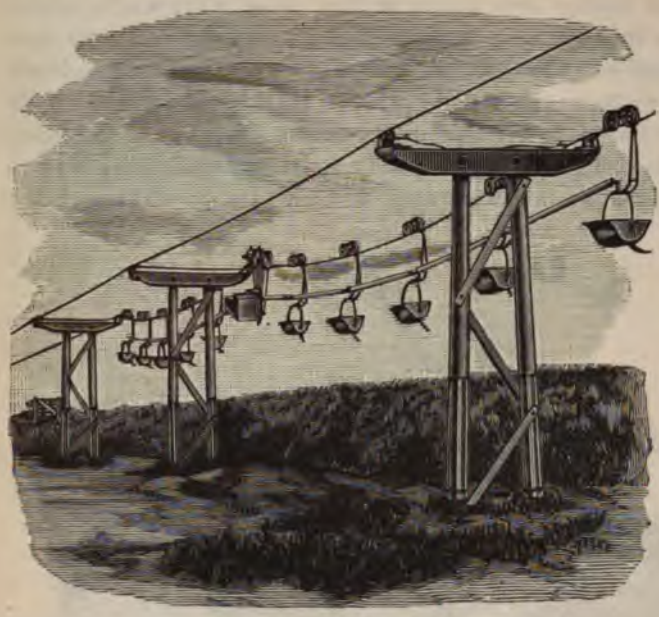


Fig. 423. Telpher-bana.

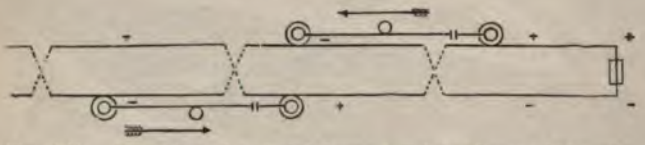


Fig. 424. Anordning af strömledningen å Telpher-banans båda spår.

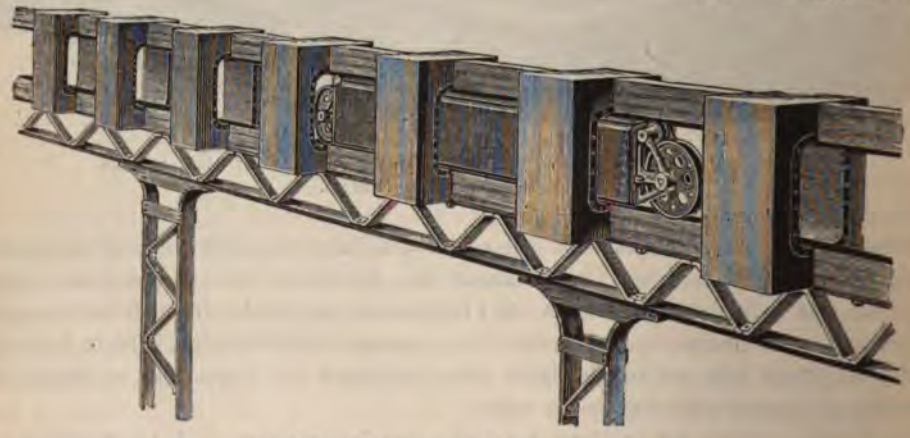


Fig. 425. Williams elektriska snällpostbana.

kopplare — en sådan finnes i hvarje spole —, medelst hvilken den förra spolen urkopplas och den nästa spolen inkopplas i strömbanan, som utgöres af två skilda led-

ningstrådar. Denna spole träder nu i verksamhet på samma sätt som den förra och så vidare, spole efter spole. Vagnen flyger sålunda framåt genom spolraden, tills den når slutet. Vid en försöksbana har man lyckats uppnå en hastighet lika stor som ett snälltågs, men uppfinnaren sträfvar att komma till en fart af 200 km. i timmen, så att exempelvis sträckan Stockholm—Norrköping skulle kunna tillryggaläggas på mindre än en timme. Äfven om detta skulle lyckas, blir dock en sådan snällpostbana med sina 180,000 spolar nog en mycket dyr affär. Afbildningen i fig. 426 visar, hur en sådan postvagn lastas.

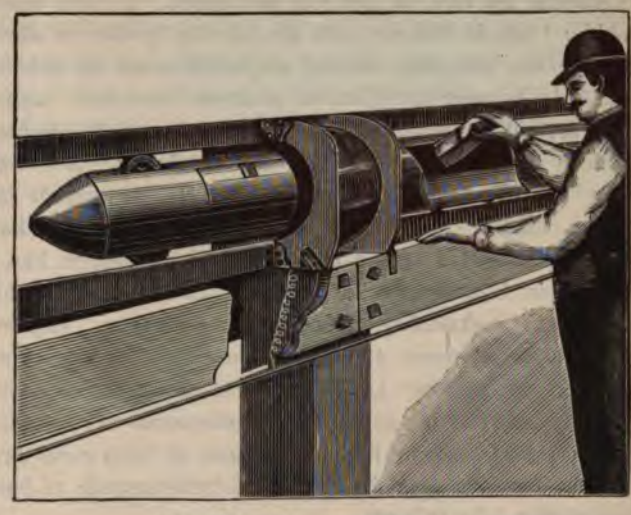


Fig. 426. Elektrisk snällpostvagn.

Fordon, afsedda för vanlig trafik å gator och vägar, kunna äfven på två olika sätt anordnas för elektrisk drifkraft, nämligen antingen med strömtillföring genom ledningar från en fast strömkälla eller med ett ackumulatorbatteri i själfva vagnen. Patent å det förstnämnda sättet har uttagits i Amerika men, så vidt kändt är, ännu ej kommit till utförande; fig. 427 visar emellertid huru en sådan omnibuslinie skulle anordnas.

Fig. 427. Elektrisk omnibus.

Flerstädes i utlandet har man länge arbetat på lösningen af det ingalunda lätta problemet att vid vanliga vagnar ersätta hästkraften med elektrisk kraft från ett ackumulatorbatteri i vagnen. Åtskilliga konstruktioner af elektriska vagnar hafva äfven sett dagen, men någon vidsträcktare användning hafva de hittills icke lyckats vinna, troligen därför att de erhållna resultaten icke varit

fullt tillfredsställande. Efter de under senaste båda åren företagna storartade körtäflingarna med »*motorvagnar*» af olika slag i Frankrike och Amerika synes man emellertid nu vara på god väg mot målet. I Paris finnes en ifrigt arbetande »Automobile Club de France», och det har nu lyckats en där boende vagnfabrikant, Jeantand, efter mångårigt arbete, att åstadkomma en elektrisk vagnkonstruktion, hvilken måhända kommer att blifva af praktisk betydelse. Vagnen har besiktigats af myndigheterna, och ägaren har fått tillstånd att med densamma färdas efter behag å gatorna. Vagnen är fyrhjulig och har två sittplatser. Ackumulatorbatteriet inneslutes i en låda uti bakvagnen. Främre vagnsaxeln är vridbar och tjänar som styraxel. Ett stycke framför den bakre axeln ligger den elektriska motorn, hvilken medelst en kugghjulsutväxling verkar på drifhjulen. Strömmen kan afbrytas eller slutas medelst en under körsvennens fot befintlig trampa, hvarmed äfven bromsarna ansättas; för strömmens omkastning finnes en strömvändare. Vagnen jämte mekanism väger 490 kg., ackumulatorerna 420 kg. och motorn 110 kg.; med två passagerare erhålles en totalvikt af ungefär 1,170 kg. Vid konstruktionen af ackumulatorerna har man särskildt sträfvat att göra plåtarna oberoende af vagnens skakningar. Fyllnadsmassan ligger i perforeringar i blyplåtar, som på båda sidor äro öfverdragna med celluloidskifvor, försedda med fina hål för åstadkommande af beröring med vätskan. Massan kan därför icke falla ut.

Motorn är serielindad och utvecklar 2,6 hästkrafter vid en hastighet af 1,200 hvarf i minuten med en verkningsgrad af 74 %. Då motorn är shuntkopplad, kan effekten uppgå till 4,4 hästkrafter vid en rotationshastighet af 1,300 hvarf i minuten; verkningsgraden uppgifves då vara 70 %. Motorn är upphängd under vagnskorgen medelst bladfjädrar, hvilka utjämna stötarna, då vagnen stannar. Vid anställda försök har denna vagn visat sig med full utrustning och med två passagerare kunna tillryggalägga en sträcka af 29 km. med en största hastighet af 19 km. i timmen; detta resultat erhölls på en torr, makadamiserad väg med största stigningen varierande från 1 : 30 till 1 : 24.

I London har firman »Electric Motive Power C:o» sedan flera år sysselsatt sig med konstruktionen af *elektriska motorvagnar* och synes numera ha kommit till rätt goda resultat. En omnibus har sålunda någon tid varit i gång på landsbygden. Den väger utan passagerare 2,750 kg., hvaraf ackumulatorbatteriet 700 kg. Detta består af 52 celler anbragta under sätena. Genom ett särskildt fjädersystem utjämnas stötarna under gången synnerligen väl. Kraften öfverföres från motorn till hjulaxlarna medelst kedja, ungefär såsom vid velocipeder. Vagnen rymmer ungefär 20 personer och kan med laddadt batteri tillryggalägga 16 km., hvarefter batteriet utbytes mot ett fulladdadt. Kostnaden uppgifves vara omkring 10 öre pr km.

Ett annat bolag i London, »Electric Omnibus C:o» har byggt en vagn för 26 personer, och detta med så tillfredsställande resultat, påstås det, att bolaget beslutat att snart sätta in 200 dylika vagnar i Londons gatutrafik. Där finnes äfven ett »Elektriskt droskbolag». Sedan trafiken med motorvagnar nyligen blifvit genom lag tillåten å landsvägar och gator, har i England en mycket liflig fabriksverksamhet uppstått för tillverkning af sådana fordon med motorer för elektricitet, gas eller fotogen, och man bebådar där »en verklig revolution i landtrafiken».

I New-York har »The Electric Carriage and Wagon C:o» nyligen öppnat ett »hyrkuskverk», där elektriska droskor kunna få hyras mot vanlig drosktaxa. Droskan kan sägas vara en vanlig »cab» på två stora gummiringade velocipedhjul och med

tillsats af en stor låda, hvilande på den med två mindre hjul försedda bakaxeln samt själf uppbärande kuskbocken. Lådan innehåller ett ackumulatorbatteri om 75 amp.-timmar och tillräckligt för 30—40 km. färd, beroende på hastighet och vägbeskaffenhet. Hvartdera framhjulet drifves af en »Lundells motor» om $1^1/_2$ hkr. Alltefter som celler och motorer kopplas i serie eller parallelt, kan man erhålla $8^1/_2$, 14—17 eller 22—25 km. hastighet i timman. Genom en häfstång sköter kusken styrinrättningen, som är mycket sinnrikt konstruerad och medgifver vändning inom ganska ringa utrymme. Med en elektrisk klocka under fotbrädet kan han gifva varningssignaler; genom elektriska ledningar öppnar eller stänger han dörrarna, tänder eller släcker glödlamporna, af hvilka det äfven finnes en inuti kuren, så att

Fig. 428. Reckenzauns elektriska båt.

den åkande kan läsa eller skrifva, om han så önskar. Denne har fullkomligt fri utsikt framför sig och åker bekvämt i den ljudlöst och utan stötar framrullande vagnen. Denna väger c:a 1,120 kg., hvaraf ackumulatorbatteriet omkring 400 kg. Batteriets omladdning uppgifves kunna ske för 45—50 öre; driftkostnaden beräknas till c:a 7 öre för 1 km.

Man har äfven gjort lyckade försök med *elektriska båtar*. Med användande af ackumulatorer ställa sig förhållandena icke ogynnsamma. Batteriets vikt har härvid mindre betydelse, ty de tunga cellerna kunna användas som barlast. Propellerns omloppshastighet passar väl tillsammans med motorns, hvadan den förra kan anbringas omedelbart på motoraxeln. Ackumulatorernas laddning kan ske utan att de behöfva uttagas ur båten, ty ledningstrådarna kunna lätt föras till batteriet. Motorns lugna

gång, frånvaron af eldning, rök och ånga m. m. gör den elektriska båten mycket angenäm och treflig i jämförelse med ångslupar; dessutom är den, när batteriet är laddadt, städse färdig att sättas i gång och erfordrar sedan mycket liten skötsel. Antagligen kommer den likväl ännu att förblifva en lyxartikel, ty anskaffnings- och driftkostnader ställa sig dyrare än för en motsvarande ångbåt. För öfrigt räcker ju drifkraften icke längre, än batteriet bibehåller en viss spänning.

De elektriska båtarnas fosterland är vattensportens klassiska land, England. Här har i synnerhet Reckenzaun, som äfven inlagt förtjänster i konstruerandet af elektriska ackumulatorvagnar, med rätt stor framgång sysselsatt sig med konstruktionen af elektriska båtar. Fig. 428 visar en bild af hans båt »Magnet», byggd i Amerika för färder på Hudsonfloden. Båten drifves af 56 ackumulatorer, hvilka tillsammans väga 1,100 kg. Batteriets anordning synes af fig. 429, ehuru denna afser en annan amerikansk båt. Denna är 12 m. lång, 2 m. bred, 0,6 m. djupgående, har 72 ackumulatorceller, anbragta i bottenrummet och tillsammans vägande 1,360 kg. Motorn, om 10 hästkrafter, står i fören af båten, där äfven regleringsapparaterna ha sin plats. Med båda batterihälfterna parallelkopplade gjorde båten en fart af 9 km. i timmen och kunde vid full last hållas i gång 7 timmar. Om ackumulatorerna kopplas efter hvarandra, blef hastigheten 13 km. i timmen.

Fig. 429. Elektrisk båt med ackumulatorbatteri; längdskärning.

Man kan väl knappast föreställa sig en angenämare färd än på en sådan snabbt och tyst framglidande båt, i hvilken hvarken mast, skorsten eller ångmaskin skymma blicken. Det är därför icke att undra öfver att i England redan en hel liten flotta af sådana båtar flyter på Temsen, vid hvars stränder särskilda laddningsstationer äro inrättade, där båtarna kunna hämta ny kraft. Vid Chicagoutställningen voro äfven åtskilliga elektriska båtar i rörelse på sjön invid parken. I Sverige har en elektrisk försöksbåt tillverkats af Allm. Sv. Elektr. Aktiebolaget i Västerås, som äfven kommer att hafva några sådana båtar i gång vid industriutställningen i Stockholm innevarande år.

Drifvandet af elektriska båtar medelst yttre strömtillföring har hittills icke fått någon allmännare användning. På Erie-kanalen i Förenta staterna har man nyligen utfört rätt lyckade försök med ett elektriskt bogseringssystem, som tyckes väl lämpa sig för trafiken å kanaler och floder. Bogseringslinan fastgöres vid en rullkorg, innehållande en elektromotor och som löper på en långs kanalen befintlig hängande linbana, bestående af en öfre kabel för strömtillföringen och en undre lina såsom rullbana och jordledning. Korgen har äfven plats för en förare. Vid försöken användes en pråm med 267,5 tons last, men dess platta botten var tydligtvis mindre gynnsam för farten. Denna uppgick i medeltal till 4 km. i timmen vid användande af 8,5 hästkrafter. En fördel vid detta system är, att det icke förutsätter någon särskild inrättning å den farkost, som skall bogseras.

Elektrisk kraftöfverföring. Den elektriska energien har, som vi redan veta, den märkliga egenskapen att genom metallisk ledning lätt kunna öfverföras från ett ställe till ett annat. Däraf föranleddes man redan tidigt till försök att använda denna energi för kraftöfverföring, och sedan man erhållit förbättrade dynamomaskiner, dröjde det ej länge, förrän man sökte att med sådana maskiner drifva elektriska motorer på längre afstånd. Då emellertid förlusterna i ledningen bero af strömstyrkan, måste man, för att kunna möjligast minska bådadera, öka spänningen i mån som afståndet växte. De högspända strömmarnas alstring, behandling och omsättning visade sig emellertid mer invecklad, än man i början hade trott; resultaten af de första försöken med kraftöfverföring på längre sträckor blefvo därför föga uppmuntrande. Endast småningom lärde man sig att öfvervinna svårigheterna, och det blef då möjligt att år efter år förlänga räckvidden för den elektriska kraftöfverföringen.

En af de första, som utförde systematiska försök i denna riktning, var fransmannen Marcel Deprez, som för detta ändamål erhöll kraftigt penningunderstöd af firman Rothschild. Redan på den elektriska utställningen i Paris 1881 hade Deprez förevisat en liten kraftöfverföringsanläggning, där sträckan visserligen icke var synnerligen lång men som åskådliggjorde sättet för *kraftfördelning* från en centraldynamo. Hufvudsyftet härvid var att ådagalägga den praktiska utförbarheten af den elektriska kraftens öfverföring och fördelning, och detta lyckades på ett ganska tillfredsställande sätt. Deprez använde för detta ändamål en af honom själf konstruerad compound-dynamomaskin, som i det afseendet afvek från den nutida compoundmaskinen, att shuntlindningen matades från en särskild dynamomaskin.

Deprez påstod det vara möjligt att med en vanlig telegraftråd om 4 mm. tjocklek öfverföra en arbetsenergi af 10 hästkrafter till 50 km. afstånd, om strömgeneratorn drefs af 16 hästkrafter. Följande år inbjöds han att vid utställningen i München genom direkt försök gifva praktiskt bevis för sin åsikt. För detta ändamål ställdes i Miesbach, en by utanför München, en vattenkraft till hans förfogande. Ledningsafståndet emellan dynamon och motorn utgjorde 57 km., hvadan sammanlagda längden uppgick till öfver 100 km. Till följd af åtskilliga motgångar blefvo försöken med denna anläggning så fåtaliga, att man icke kunde få några säkra mätningar. Det hela ansågs i allmänhet som misslyckadt, ehuru med orätt, ty med denna anläggning lyckades det för första gången att öfverföra en icke obetydlig kraft på längre afstånd, men det ekonomiska resultatet var visserligen icke särdeles fördelaktigt. Om förlusterna vid detta försök visade sig betydliga, så måste man dock ihågkomma, att på den tiden den elektriska kraftöfverföringen låg i sin linda. Under loppet af åttiotalet aflägsnades emellertid bristerna alltmera genom elektroteknikens framsteg; utvecklingskedjan har dock sin begynnelse från Deprez' famlande försök vid utställningarna i Paris och München, och därför må man vara honom tacksam.

Med hänsyn till det stora motståndet i telegraftråden måste Deprez vid München-försöket använda liten strömstyrka i ledningen men vid generatorn den höga spänningen af 1,300 volt. Han gick sedan vidare på den inslagna vägen, fortfarande med begagnande af likström. Men just detta gjorde, att hans storartade försök strandade; andra forskare vunno framgång, först då de i likströmmens ställe använde växelström. Med förbigående af några mindre försök vända vi oss till de storartade försöken mellan Paris och Creil (1885), på hvilka Deprez offrade mycken tid, arbete och penningar. Hans afsikt var till en början att med användande af 500 hästkrafter vid generatorn kunna på 50 km. afstånd därifrån af den elektriska motorn uttaga 250

hästkrafter. Sedermera ändrades uppgiften till 300 hästkrafter, räknadt vid ångmaskinens axel, och 150 hästkrafter från de tre motorerna. Spänningen, ursprungligen afsedd till 7,500 volt, uppgick i verkligheten icke till mer än 5 à 6,000 volt, då för tiden utomordentligt stora och äfven i våra dagar betydliga värden. Strömstyrkan skulle utgöra ungefär 25 ampère. Den dåtida tekniken kände ännu icke till maskiner för sådana energimängder och spänningar, och Deprez begick det felet att med egna kunskaper och egen erfarenhet söka konstruera dessa maskiner utan att därvid taga hjälp af praktiken. Dessa maskiner byggdes med Grammes-induktorer, och deras konstruktion visade sig vara förfelad. Ledningsmotståndet utgjorde ungefär 100 ohm. Dynamomaskinernas och motorernas brister gjorde, att det storartade försöket

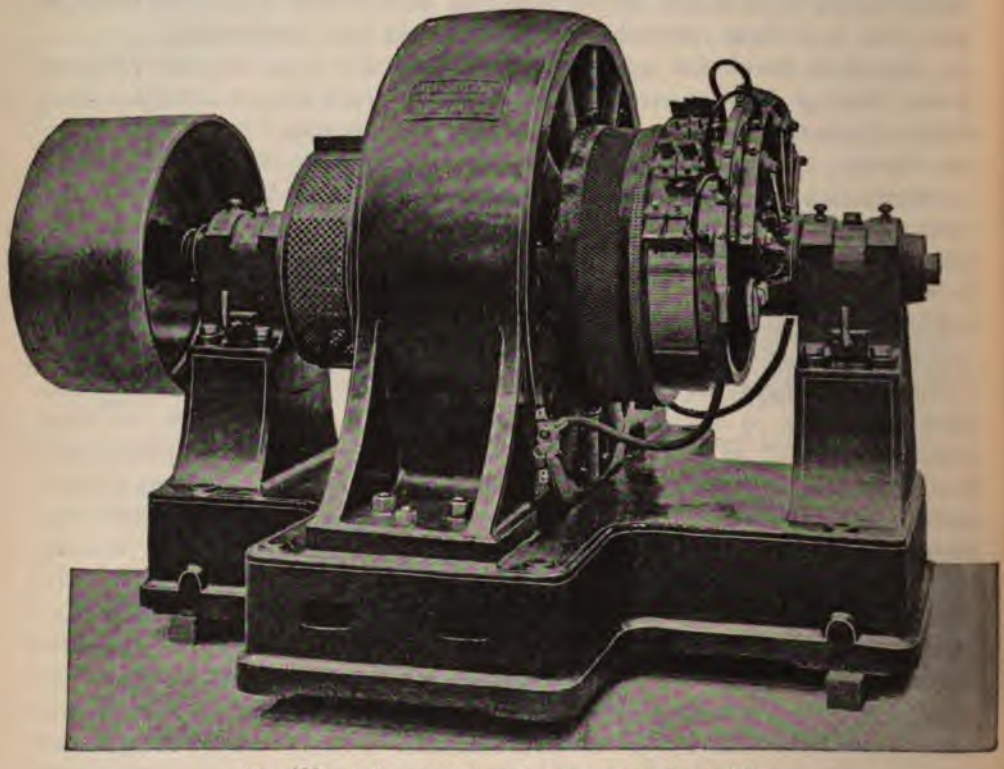


Fig. 430. Lahmeyers transformator; nyare konstruktion.

nästan fullständigt misslyckades. Strömstyrkan öfversteg icke 10 ampère. Af de 150 hästkrafter, som ångmaskinen utvecklade, kunde knappast 50 hästkrafter tillgodogöras från motorerna, och detta endast för en kort tid.

Att resultatet emellertid kunnat blifva helt annorlunda, ifall maskinerna varit ändamålsenliga, det visade den franske elektrikern Hippolyte Fontaine, som år 1886 från Compagnie Électrique i Paris på 2 månader fick de erforderliga maskinerna levererade. Det gällde äfven nu en öfverföring på 50 km. afstånd och med c:a 50 % verkningsgrad, men af 100 hästkrafter. Fontaine försökte emellertid icke att bygga en maskin för 6,000 volt utan tog 4 dynamomaskiner, hvardera om 1,500 volt och kopplade i serie. På samma sätt förenade han 3 motorer med en gemensam axel och kopplade dessa likaledes efter hvarandra, undvek alltså äfven här en allt-

för hög spänning för hvarje särskild maskin. Med en ledning, hvilken liksom den mellan Paris och Creil hade 100 ohms motstånd, erhöll han utaf de 96 hästkrafter, som öfverfördes till strömgeneratorerna, cirka 50 hästkrafter från de sammankopplade motorerna. Här hade man således beviset för möjligheten att öfverföra elektrisk energi med en förlust af ungefär 50 % på en sträcka af 50 km.

Misslyckandet af Deprez' försök hade emellertid bragt den elektriska kraftöfverföringen i misskredit. Det uppväckte därför den elektriska världens stora intresse, då maskinfabriken Oerlikon med bästa resultat utförde en sådan anläggning mellan Kriegstetten och Solothurn. Det var här visserligen icke fråga om mer än 50 hästkrafter på 8 km., men denna anläggnings stora betydelse låg däri, att den arbetade kontinuerligt och med en verkningsgrad af cirka 70 %. Den använda spänningen uppgick till 2,500 volt, strömstyrkan till 18—20 ampère. Denna höga spänning är emellertid obekväm, då det gäller ett större antal elektromotorer af olika storlekar, och man föredrar i sådana fall att omtransformera den högspända strömmen till ström af låg spänning för att på detta sätt utan olägenhet eller fara kunna fördela den.

Å sid. 90 ha vi redan omtalat en W. Lahmeyers likströmstransformator. En nyare typ af dessa maskiner afbildas i fig. 430; till vänster ligger den af en plåtkåpa skyddade högspänningskommutatorn, till höger den ofarliga lågspänningskommutatorn. Denna maskin transformerar icke allenast likström från hög till låg spänning utan äfven trefasström — hvarom mera här nedan — till likström.

Ett nytt uppsving vann den elektriska kraftöfverföringen, när man tog växelströmmen i anspråk. Då, som vi förut påvisat, det är betydligt lättare att alstra högspänd växelström än att åstadkomma likström af samma spänning, så vinner växelströmmen ytterligare i betydelse därigenom, att den på ett synnerligen bekvämt sätt låter transformera sig från låg till hög spänning eller tvärt om. Som bekant utgöres växelströmstransformatorn icke af en eller flera roterande maskiner, såsom likströmstransformatorn, utan är en fast apparat utan rörliga delar. I allmänhet alstrar växelströmmaskinen en ström af låg spänning, för hvilken det i alla händelser är lättare att konstruera maskinen; denna låga spänning omsättes i en transformator till ström af hög spänning, hvilken fortledes i den långa linieledningen, för att därefter vid motorn åter transformeras till ström af låg spänning. Den lifsfarliga spänningen uteslutes således från den egentliga maskindriften och inskränkes till linieledningen, hvilken på lämpligt sätt kan skyddas mot beröring.

Hindret mot växelströmmens användning var i början saknaden af tillförlitliga och ekonomiskt arbetande växelströmmotorer. Ganz & C:os motor (fig. 369) var den första, som gjorde växelströmmen möjlig för motoriskt ändamål; sedan marken därmed var bruten, utvecklade sig växelströmtekniken vidare. Det lyckades nu den bekante elektrikern Nicola Tesla i Amerika att konstruera en växelströmmotor, hvilken icke allenast icke behöfde särskild likström för sin magnetisering utan äfven i fråga om igångsättningen kunde täfla med likströmsmotorn. Genom en särskild anordning bildas i denna motor poler, hvilka genom strömväxlingen kretsa rundt i ringen. Detta tillgår på följande sätt (fig. 431). På en järnring finnas fyra spolar, af hvilka två och två motliggande äro förenade med hvarandra och med en särskild strömkrets, så att här bildas fyra ledningar och två strömkretsar. De båda spolarna i samma par äro förenade på sådant sätt, att de hjälpas åt att bilda samma poler. Man erinre sig nu, att växelströmmens styrka går upp och ned, stigande från noll till maximum,

därpå sjunkande till noll och sedan i motsatt riktning åter igen upp till maximum för att därefter å nyo aftaga och bli noll samt vidare stiga liksom i början o. s. v. På detta sätt uppstå alltså oupphörliga strömvågor. Strömvågorna i de båda strömkretsarna öfverensstämma emellertid icke; då strömvågen i ena kretsen börjar stiga från noll, så sjunker den i den andra kretsen till noll.

Betrakta vi nu den första af de sex ringbilderna, så finna vi, att de båda horisontala spolarna genomkretsas af ström — betecknad genom de små pilspetsarna —, hvaremot den öfre och undre äro strömlösa. Strömkretsen I är i sitt maximum, och dess båda spolar vända sina nordpoler uppåt, i följd hvaraf en nordpol uppkommer i ringens högsta punkt och likaså en sydpol i den lägsta. Magnetnålen inom ringen ställer sig därför lodrät, med spetsen, d. v. s. sin egen nordpol, nedåt. Nu aftager emellertid strömmen i de horisontala spolarna, medan den tilltager i de båda andra. De förra bibehålla tills vidare sina poler, men poler bildas äfven vid de båda senare, hvilka poler sammansätta sig med de första. Sålunda har den öfre spolen

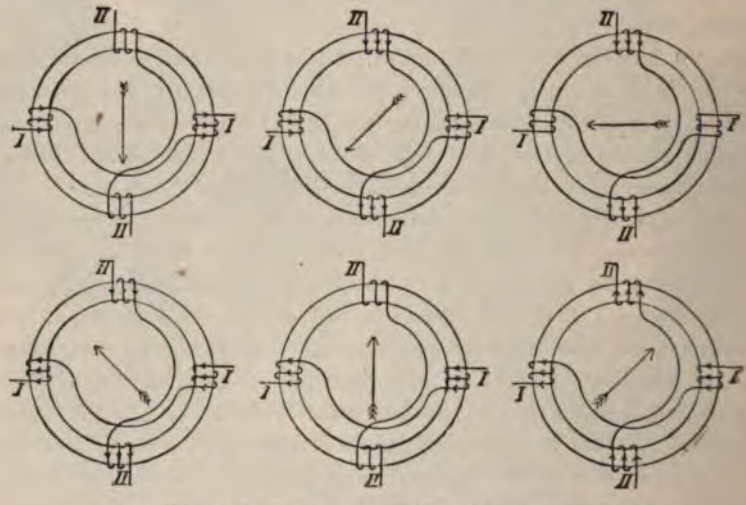


Fig. 431. Polväxlingen i ringen å Teslas elektromotor.

vid sin vänstra ände en sydpol, hvilken upphäfves af den till vänster liggande spolens nordpol, men åt höger vänder den sin nordpol, hvilken samverkar med den till höger liggande spolens nordpol på sådant sätt, att mellan dessa båda spolar bildas en nordpol, eller med andra ord: den förut högst upp belägna nordpolen har genom strömstyrkans förändring i de båda spolarna ryckt nedåt $^1/_8$ hvarf.

Strömmen i ledningen I blir snart lika med noll, i ledningen II uppnår den sin största styrka. I följd däraf rycka polerna genom spolarnas växelverkan ytterligare $^1/_8$ hvarf framåt, så att nord- och sydpol komma att ligga som timsiffrorna III och IX på en urtafla. Magnetnålen följer naturligtvis pollägenas växling.

I nästa moment aftager strömstyrkan i ledningen II men tilltager i ledningen I med omvänd strömriktning, så att nordpolerna till de båda spolarna I komma att ligga nedåt; polläget ändrar sig då på nytt, så att ringens nordpol kommer att ligga emellan IV och V på urtaflan. Allt eftersom de båda strömmarna af- och tilltaga, förflytta sig sålunda ringens poler, i föreliggande exempel liksom visaren å ett ur.

Tänker man sig nu i stället för magnetnålen ett rörligt järnstycke vara insatt i ringen, så blir detta magnetiseradt af ringpolerna, så att oliknämniga poler stå midt emot hvarandra. Om nu ringpolerna börja rotera, så rycka de järnmagnetens poler med sig, hvarigenom äfven denna kommer i rotation. Denna rörelse behöfver emellertid icke nödvändigt vara synkron med ringpolernas. Om nämligen järnmagneten icke skulle hinna följa med ringpolerna, så efterträdes inom kort den nordpol, som magnetiserade järnstyckets ena ände, af en sydpol å ringen; men då blir järnstycket ompolariseradt, dess poler växla och den änden af järnstycket, som förut följde nordpolen, följer nu sydpolen, hvilken rör sig på samma sätt som nordpolen.

I stället för ett massivt järnstycke kan man i ringen insätta en järncylinder, försedd med två korsvis lagda trådlindningar (fig. 432 *a*), hvardera sluten inom sig själf. Tänker man sig nu, att de båda horisontala polerna just hafva nått sin största styrka, att deras magnetism alltså håller på att aftaga, så börjar samtidigt de vertikala polernas magnetism att tilltaga. De aftagande kraftlinierna uppväcka nu i den vertikalt stående cylinderspolen en ström, och de härigenom i järncylindern uppstående polerna attraheras till ringens motsvarande oliknämniga poler. Men då nu äfven de vertikala ringpolerna växa i styrka, så rycker den gemensamma polen fram emellan

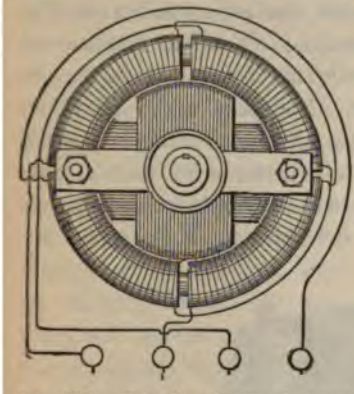


Fig. 432 *a*. Principen för Teslas motor.

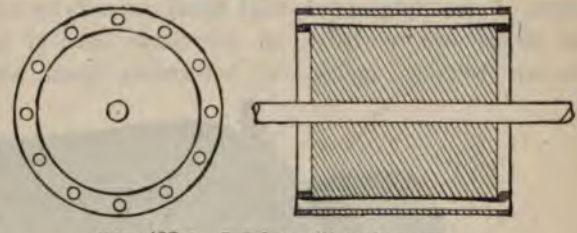


Fig. 432 *b*. Induktor till trefasmotor.

de två liknämniga polerna, vrider sig på samma sätt som visaren i ett ur, och de rörliga spolarna vridas med.

I stället för två lindningar kan man använda huru många som helst, och det enklaste vore att ersätta dem med en hel kopparmantel, som vid ändarna slötes genom kopparskifvor. Ja, man skulle till och med kunna använda järncylindern själf som sin egen lindning genom att göra den massiv. Detta vore emellertid ej att rekommendera, ty de roterande ringpolerna skulle i järncylindern uppväcka mycket mera ström, än som behöfs för cylinderpolernas erhållande, och detta öfverskott skulle, enligt hvad vi förut veta, icke blott föranleda en onödig energiförlust utan äfven en skadlig upphettning af cylindern. Detsamma gäller om den massiva kopparmanteln, och därför användes hellre deladt järn och flera lindningar.

En enkel anordning i detta afseende förete de af »Allgem. Elektr. Gesellschaft» i Berlin konstruerade *trefasmotorerna*, hvilka närmare beskrifvas här nedan. Järncylindern har på ytan en krans af parallelt med axeln löpande kanaler, med däri liggande koppartrådar, som vid cylinderns ändar förenas genom plattor eller ringar af koppar. Fig. 432 *b* visar en sådan induktor i längd- och tvärgenomskärning.

För att nu kunna förstå, huru, vid detta system med roterande poler, den primära och sekundära maskinen (generatorn och motorn) äro förbundna med hvarandra, meddela vi först en skiss af den kopplingsanordning, som Tesla till en början

använde (fig. 433). Till vänster synes motorn, till höger strömgeneratorn, en växelströmmaskin med fyra spolar, inom hvilka induktorn roterar. Denna senare utgöres af en elektromagnet, som erhåller likriktad ström från en särskild liten dynamomaskin. De två motliggande spolarna äro seriekopplade inbördes och äfven, hvartdera paret för sig, med en af de till motorn förande strömledningarna. Maskinens induktor skall just passera den öfre och undre spolen. I detta ögonblick verkar han inducerande endast på dessa spolar, hvaremot de båda horisontala spolarna icke äro utsatta för någon induktion. Strömkretsen II (jfr fig. 431) erhåller alltså ström, under det att strömkretsen I är strömlös; vi hafva således den tredje af de sex faserna framför oss. Magneten vrides nu vidare och börjar äfven att inducera de horisontala spolarna, så att också dessa utsända ström i sin ledning. I följd häraf genomflytes nu äfven motorns horisontala spole af ström, och vi hafva nu den fjärde fasen af fig. 431. Då elektromagneten vid fortsatt rotation uppnår det horisontala läget, blir strömkretsen II strömlös och

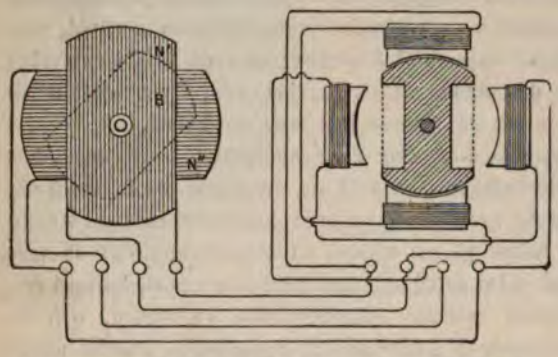


Fig. 433. Tesla-motorns förening med en växelströmmaskin.

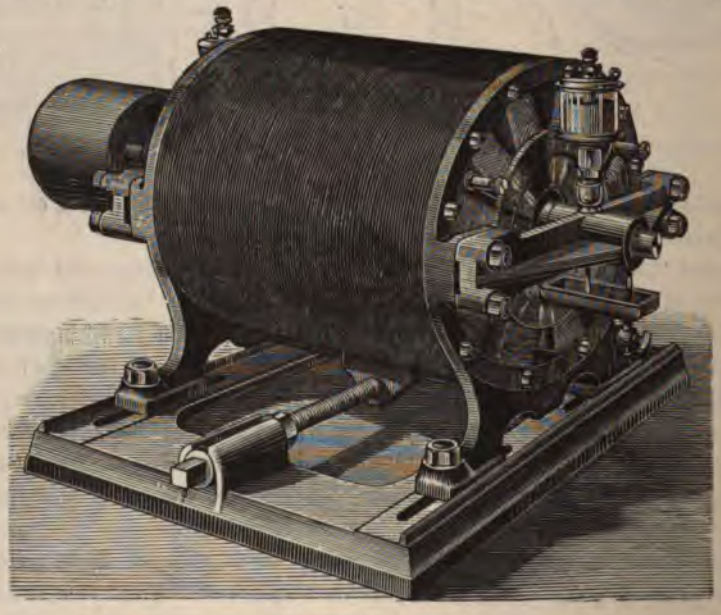


Fig. 434. Tesla-motor.

strömmen i kretsen I når sin största styrka; i följd däraf går strömmen endast genom motorns horisontala spolar, såsom i femte fasen å fig. 431. Som vi förut beskrifvit, löpa nu polerna rundt, allt eftersom strömmen i spolarna växlar styrka och riktning, och motorns induktor släpas följaktligen med.

Konstruktionen af den motor, som Tesla först använde vid dessa försök, är afbildad i fig. 434.

En växelströms förändringar i styrka och riktning kunna för ögat åskådliggöras genom en kroklinie (fig. 435 *a*) — s. k. *sinuslinie* —, hvars högsta och lägsta bukter *m*,*m*, genom sina afstånd från en rät midtlinie beteckna strömmens största styrka i hvardera riktningen, medan noll-lägena, d. v. s. strömväxlingarna, inträffa i de punkter *O O*, där kroklinien passerar midtlinien. Afståndet mellan två sådana punkter O_1—O_3 med samma strömriktning utgör en hel strömvåg eller *period* (jfr sid. 64). Den nyss omtalade kombinationen af två växelströmmar, hvilkas strömvågor följa hvarandra med en fjärdedels periods skillnad, kallas *tvåfassystem* och kan alltså betecknas genom fig. 435 *b*. Om man i stället använder tre ledningar, kan man tydligtvis framsända tre växelströmmar efter hvarandra, förskjutna med en tredjedels period, och får då ett *trefassystem*, på sätt schemat i fig. 435 *c* antyder. Däraf synes, att strömmen II får sitt nollvärde och börjar växa i positiv riktning, då strömmen I har öfverskridit sitt högsta värde och redan är i aftagande, medan strömmen III åt motsatt håll närmar sig maximiläget. Denna ström passerar sitt nolläge, då strömmen II befinner sig i samma styrkeläge, som strömmen I nyss hade, hvaremot denna senare nu är på väg mot sitt negativa maximum. Under dessa omständigheter kunna de tre strömmarna samtidigt öfverföras i de tre ledningarna I, II, III. ty den genom I gående positiva strömmen kan då återledas genom II eller III eller genom båda gemensamt, hvadan de tre strömmarna således alltid samarbeta.

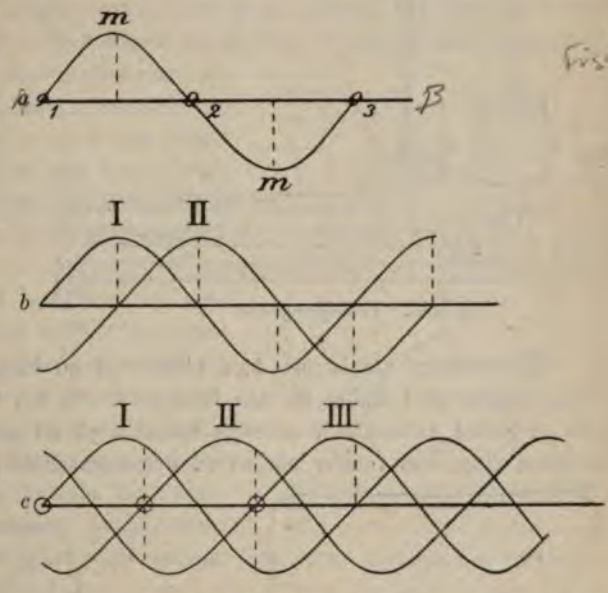


Fig. 435. Växelströmkombinationer.

Till ytterligare förklaring af den trefasiga växelströmmen kan man föreställa sig, att kolfvarna till tre lika stora pumpar I, II och III (fig. 436) sättas i rörelse från en och samma axel, hvars vefvar emellertid äro förskjutna med 120 graders vinkelskillnad. Pumpkolfvarna hafva inga ventiler och verka på hvar sitt af de tre rören 1, 2, 3, hvilka utmynna i ett gemensamt föreningsrör. Hela rörsystemet tänkes vara fylldt med vatten.

Om nu en pumpkolf, exempelvis 1, går upp och ned, så kommer den att växelvis trycka in vattnet i röret och suga ut det, och om en eller två pumpar trycka in vattnet i sina rör, så komma de båda andra eller den andra sugande pumpen att upptaga det intryckta vattnet. Då nu hvarje pump omväxlande trycker och suger och pumparna i denna verksamhet följa hvarandra med 120° vinkelskillnad, så kommer vattnet

i hvarje rör att strömma fram och tillbaka; det ögonblick då vattnet i röret 1 står stilla, d. v. s. står i begrepp att vända, kommer vattnet i röret 2 så mycket senare, som svarar mot ett tredjedels hvarf hos vefaxeln, och i röret 3 två tredjedels hvarf senare än i röret 1.

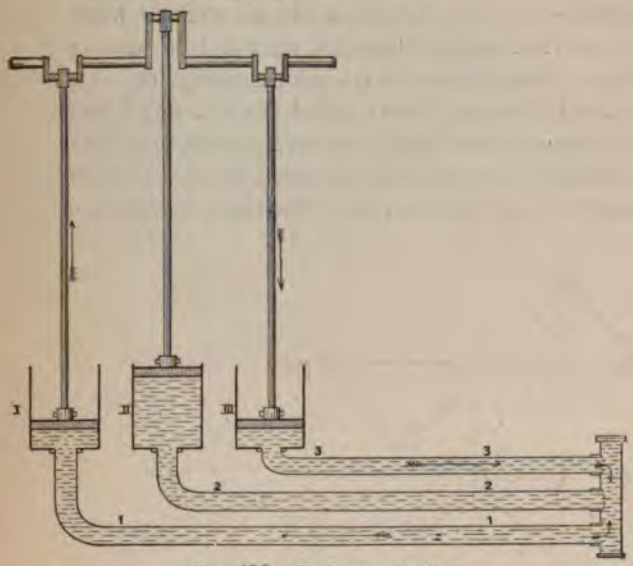


Fig. 436. Trefaspumpverk.

Fig. 437.
Trefaskoppling vid Grammes ring.

En trefasig växelström kan alstras af en vanlig dynamomaskin för likriktad ström, genom att i stället för den förut (sid. 39, 40) beskrifna kopplingen å Grammes ring med kommutator anordna spolarna på ett annat sätt. Fig. 437 föreställer en sådan ring, som roterar mellan en dynamomaskins poler N och S och är förenad

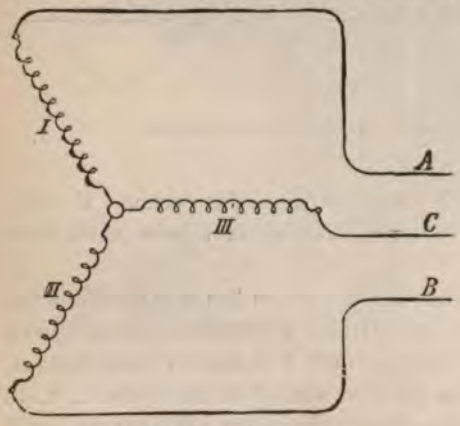


Fig. 438 *a*. Stjärnkoppling.

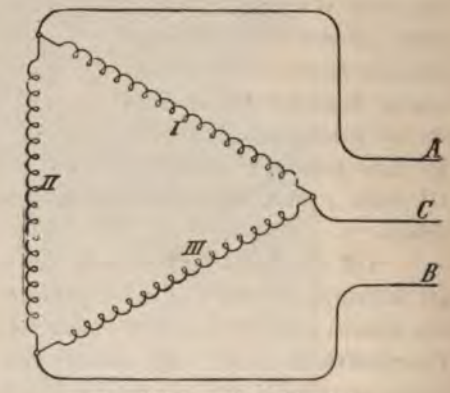


Fig. 438 *b*. Triangelkoppling.

med tre släpringar genom ledningar, utgående från trenne punkter å ringens lindning, belägna lika långt från hvarandra. Då nu, som kändt är, växelströmmar uppkomma i de särskilda lindningarna af Grammes ring, så måste sådana strömmar tydligtvis också alstras å hvarje tredjedel af den nu ifrågavarande ringens lindningar. Men då dessa lindningar passera polerna efter hvarandra, så uppkomma dessa strömmar ej

på samma gång utan den ena efter den andra med så lång mellantid, som svarar mot ett tredjedels hvarf. Om man nu medelst släpborstar förenar de tre släpringarna med tre ledningar, så komma i dessa ledningar trefasiga strömmar att kretsa, hvilka på nyss skildradt sätt alltid stå i visst sammanhang med hvarandra. En sådan trefasström kan transformeras till liknande ström af högre eller lägre spänning, om de tre strömmarna inledas i vanliga transformatorer och därpå åter förenas till en trefasström. Detta kan ske på två sätt, nämligen antingen genom s. k. stjärnkoppling (fig. 438 *a*) eller triangelkoppling (fig. 438 *b*). Den i fig. 437 afbildade Grammeringen har, som man ser, triangelkoppling; man skulle visserligen lätt ha kunnat här anordna en stjärnkoppling, men det förra kopplingssättet är i detta fall bekvämare.

Tänka vi oss de tre ledningarna förenade med en trespolig elektromagnet (fig. 439), så blir, i ett visst ögonblick, spolen 1 nordpol, spolarna 2 och 3 däremot sydpoler; den magnetiska axeln kommer således att ligga vertikalt. I nästa ögonblick är spolen 2 strömlös, men 1 är fortfarande nordpol och 3 sydpol; den magnetiska axeln har då vridit sig ett stycke i samma riktning som visaren på en urtafla. I nästa tidsmoment är 1 visserligen ännu nordpol men svag, 2 har börjat blifva nordpol och 3 är sydpol i full styrka; den magnetiska axeln flyttar sig därför nu från midten emellan 1 och 2 till 2, har alltså gått vidare i urvisarens riktning.

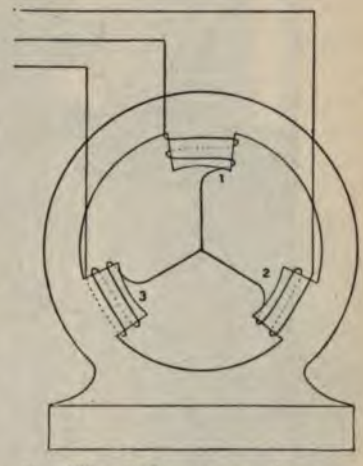


Fig. 439. Trefasmotorns schema.

På liknande sätt fortgå polernas och den magnetiska axelns förflyttningar utefter hela omkretsen i urvisarens riktning; förloppet är härvid detsamma som i Tesla-motorn. Skillnaden mellan denna och den nu beskrifna trefasmotorn består däri, att Tesla-motorn hade tvåfasström i två skilda strömkretsar, men trefasmotorn däremot har trefasström i tre med hvarandra förenade strömkretsar. Spolarnas inverkan på induktorn sker på samma sätt i båda motorerna.

Man behöfver emellertid icke inskränka antalet spolar i trefasmotorn till endast 3 utan kan gifva honom ännu flera, dock så att spolarna 1, 4, 7, 10 o. s. v. matas genom ledningen 1, spolarna 2, 5, 8, 11 o. s. v. af ledningen 2 och spolarna 3, 6, 9, 12 o. s. v. af ledningen 3. Gifvetvis måste alltid antalet spolar vara en mångfald af talet 3. På motsvarande sätt får äfven trefasgeneratorn ett antal magnetiserande spolar och tre gånger så många induktionsspolar, sinsemellan förenade i tre grupper, så att tre strömkretsar bildas, hvilka åter kunna kopplas i stjärn- eller triangelform.

Vid generatorer af trefassystemet äro i allmänhet de delar af maskinen fasta, i hvilka den inducerade trefasströmmen alstras, liksom äfven vid motorer den inducerande delen. Vid öfverföring på långa afstånd ha dessa maskindelar icke sällan att upptaga strömmar af mycket hög spänning, och därför är denna konstruktionsprincip att rekommendera, ty maskinerna blifva därigenom driftsäkrare och ofarligare. Också bygga numera de flesta firmor sina trefasmaskiner i öfverensstämmelse härmed. Fig. 440 visar en trefasmotor, hvars roterande del utgöres af de inducerande magneterna, hvarför äfven den till motorn kommande trefasströmmen först måste passera genom borstar och släpringar.

För trefasströmmens transformering användas, i öfverensstämmelse med hvad nyss blifvit antydt, tre vanliga transformatorer, hvilkas järnkärnor äro magnetiskt förenade med hvarandra. Fig. 441 visar en sådan transformator, som användes vid den stora försöksanläggningen *Lauffen—Frankfurt a/M.* år 1891.

Denna anläggning har varit epokgörande för utvecklingen af den elektriska kraftöfverföringen, ty här lyckades man för första gången att utan betydlig kraftförlust öfverföra elektrisk energi på längre afstånd. Härtill användes trefasström. I Lauffen, som ligger nära staden Heilbronn, finnes ett vattenfall om icke mindre än 1,500 hästkrafter. Af denna vattenkraft skulle 300 hästkrafter öfverföras till det på 175 km. afstånd belägna Frankfurt am Main. Det af »Allgem. Elektr. Gesellschaft» i Berlin

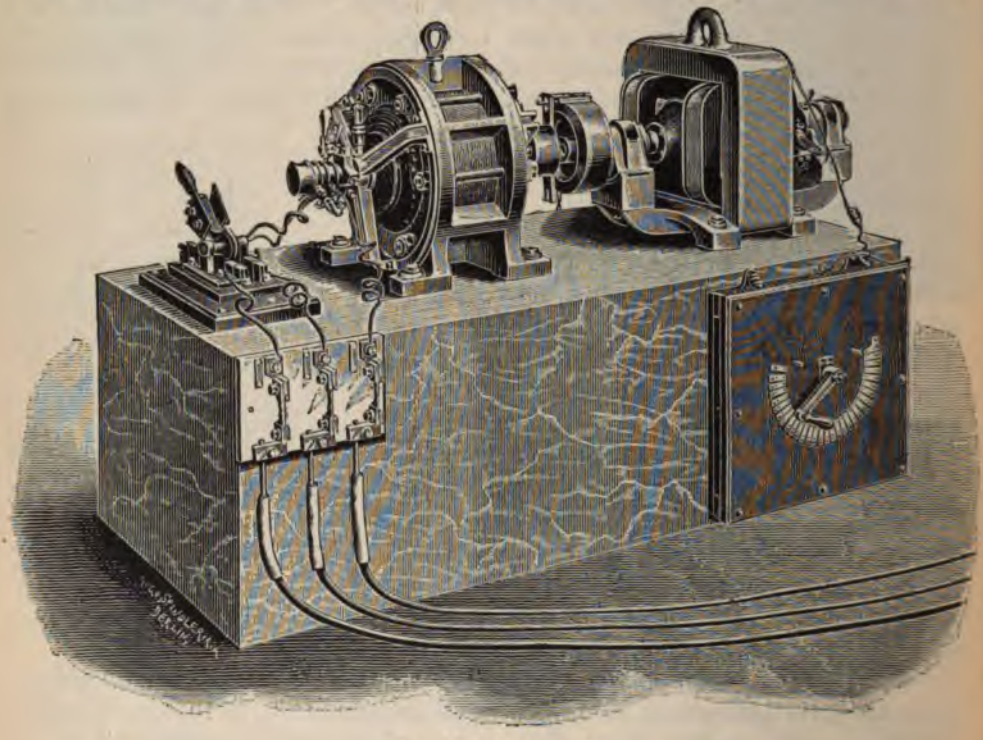


Fig. 440. Trefasmotor.

och maskinfabriken »Oerlikon» i Zürich företagna storartade försöket hade till syfte att bevisa möjligheten att med nu till buds stående tekniska medel öfverföra elektrisk energi på stora afstånd. Försökets utförande var icke allenast af stort tekniskt och vetenskapligt intresse utan äfven af stor ekonomisk betydelse. Generatorstationen bestod af en turbin om 300 hästkrafter, som dref en trefasdynamo, i stånd att upptaga turbinens hela kraft. De alstrade växelströmmarna hade hvardera 50 volt spänning och 1,400 ampère styrka, således sammanlagdt en verkningskraft af c:a 200,000 watt. Innan de utsläpptes i linieledningen, fördes de genom en transformator (fig. 441), som höjde spänningen ända till 27,000 volt med motsvarande nedsättning af strömstyrkan. Denna apparat har tre järnkärnor, sammansatta af tunna lameller samt upptill och nedtill magnetiskt förenade medelst järnringar. De för låg spänning afsedda trådlindningarna ligga innerst. Till förekommande af fuktighet är apparaten

nedställd uti olja. Linieledningen bestod af tre blanka koppartrådar, hvardera om 4 mm. diameter och upphängda å trästolpar cirka 8 meter öfver marken samt isolerade medelst oljeisolatorer (jfr fig. 142). Koppartråden hade en sammanlagd längd af 530 km. och en vikt af 60,000 kg. I Frankfurt omtransformerades strömmen å nyo till 100 volt spänning i hvardera ledningen. Den ena af dessa ledningar begagnades att mata 1,000 glödlampor, den andra att drifva en stor trefasmotor för 100 hkr., den tredje för några mindre motorer.

Med hänsyn till den höga spänningen måste särskilda försiktighetsanordningar vidtagas för att skydda allmänheten. Ehuruväl de första profven med afseende på effekt och driftsäkerhet ingalunda motsvarade alla förväntningar, var dock denna försöksanläggning af stort värde på grund af de erfarenhetsrön, som därigenom vunnos. Noggrant utförda mätningar gåfvo nämligen vid handen, att man kunde uppnå en mekanisk verkningsgrad af ända till 75 proc. Den största öfverförda kraften utgjorde 152,4 hkr., då turbinen å afgångsstationen lämnade 197,4 hkr. Generatorns högsta verkningsgrad var 93,5 proc., den första transformatorns 96,1 och den sistas 95,7 proc.

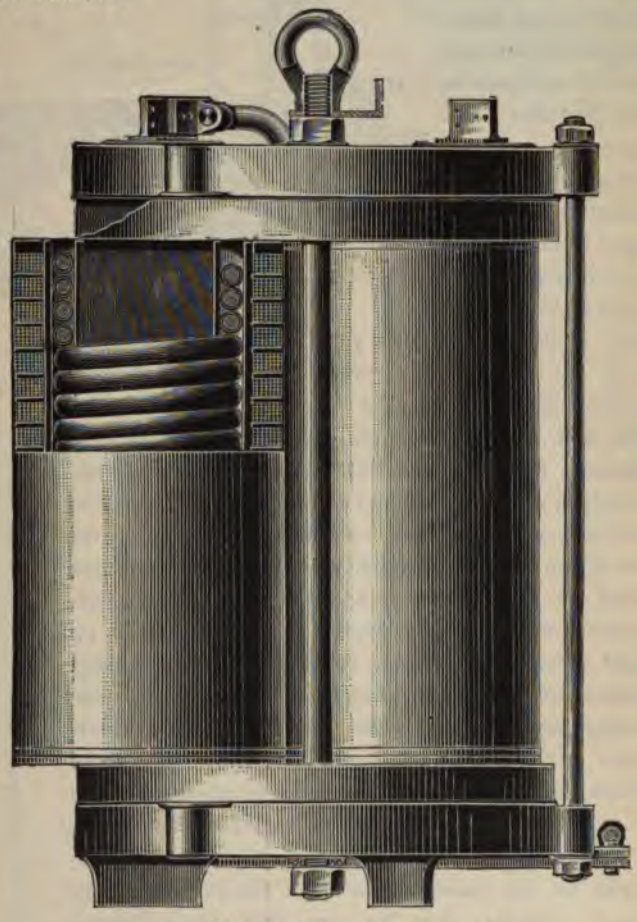


Fig. 441. Trefastransformator.

Jättevattenfallet *Niagara*, som till hälften tillhör Förenta Staterna och till hälften Canada och hvars lämpliga tillgodogörande för industriella ändamål så länge sysselsatt amerikanska tekniker, har sedan förra året — tack vare elektroteknikens storartade utveckling — kommit till användning för öfverföring af kraft till den på 42 km. afstånd belägna staden Buffalo. Till denna stad öfverföras nämligen 1,000 hästkrafter, som användas för de elektriska spårvägarna. Detta är emellertid endast en början. »Niagara Falls Power Company» har nämligen förbundit sig att före den 1 juni 1897 aflämna 10,000 hästkrafter i Buffalo samt under hvart och ett af de närmast följande fyra åren, om så önskas, ytterligare 10,000 hästkrafter. Det är således här fråga om en hittills oerhörd kraftöfverföring. Den nu uppsatta ledningens

kapacitet uppgår till 5,000 hkr. Vid Niagarastationen genereras tvåfasig växelström om 2,200 volt spänning, hvilken emellertid genom transformatorer omvandlas till trefasström om 11,000 volt spänning. Denna ström fortledes till transformatorstationen i Buffalo, där spänningen, som nu sjunkit till 10,700 volt, nedbringas till 370 volt, alltjämt med bibehållande af trefasström. Från denna transformatorstation går strömmen till spårvägarnas kraftstation, där den medelst roterande, sexpoliga transformatordynamos förvandlas till likström om 500 volt. Kraftstationen vid Niagara (Pl. VIII) består för närvarande af tre turbiner, hvardera om 5,000 hkr. och drifvande hvar sin dynamo af motsvarande storlek (fig. 442). Denna kraft är redan helt och hållet tagen i anspråk, då, förutom nyssnämnda elektriska spårväg i Buffalo, ett stort antal elektrokemiska fabriker i närheten af fallet hämta sin kraft från stationen. Den nu påbörjade utvidgningen omfattar icke mindre än sju nya turbiner med dynamos om 5,000 hkr. hvardera, och då denna fullbordats, blir kraftstationen således i stånd att lämna 50,000 hkr. Fallets hela kraft uppskattas i rundt tal till 10 millioner hkr., hvaraf man emellertid på den amerikanska sidan till en början icke ärnar »aftappa» mer än den lilla obetydligheten 120,000 hkr. Från en punkt belägen $2^1/_2$ km. ofvanom fallet utgår för detta ändamål en kanal om 130 m. bredd och 450 m. längd och vid hvars andra ändpunkt man i berget borrat 50 m. djupa brunnar, genom hvilka vattnet nedstörtar i en gemensam tunnel, som på 2,000 m. afstånd åter utsläpper detsamma i floden. I hvarje sådan brunn finnes en turbin med dubbla hjul, hvilken genom ett järnrör står i förbindelse med den öfre kanalmynningen samt genom en grof stålaxel med dynamon i maskinhuset. Axeln roterar med en hastighet af 300 hvarf och

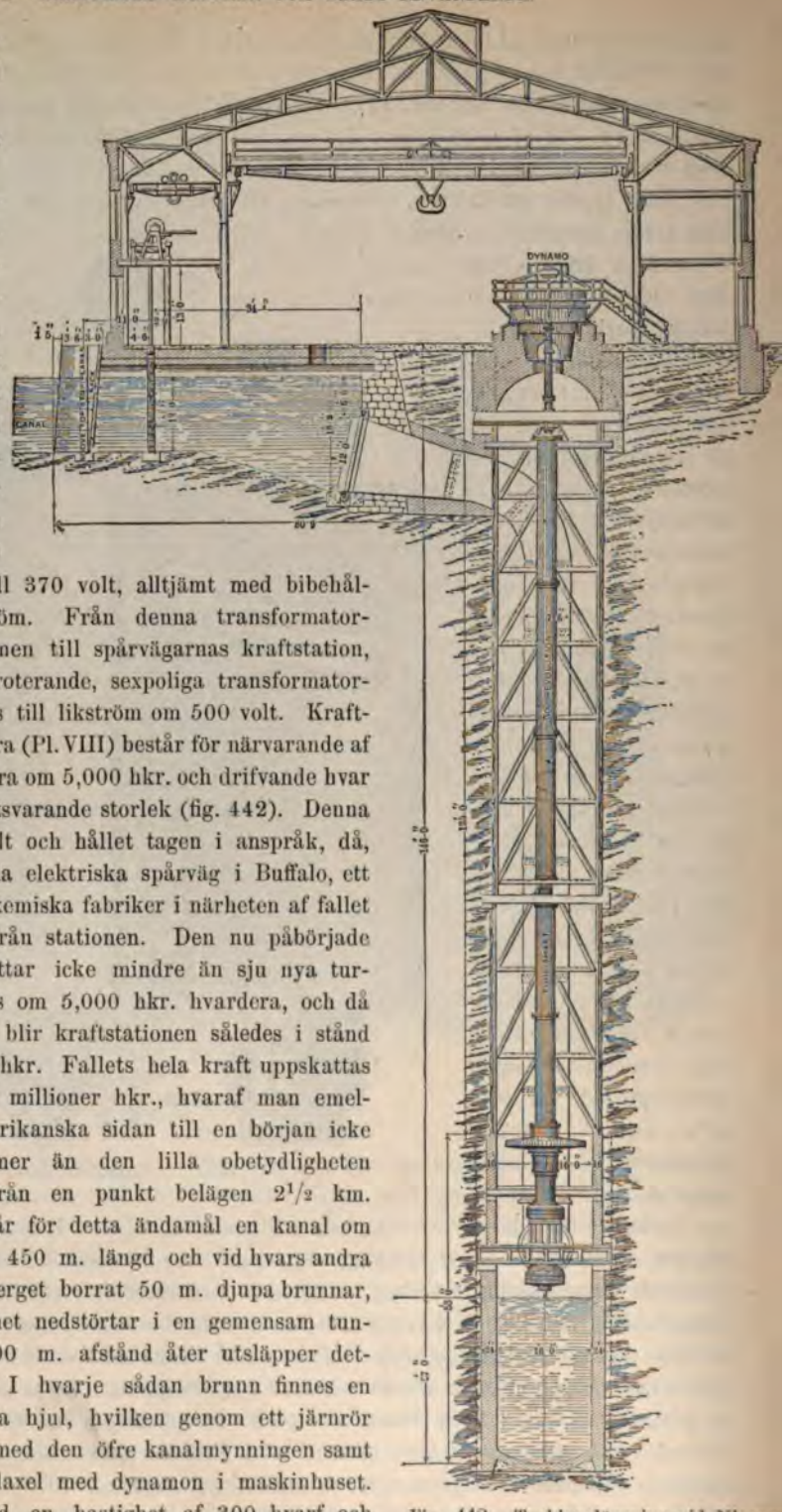
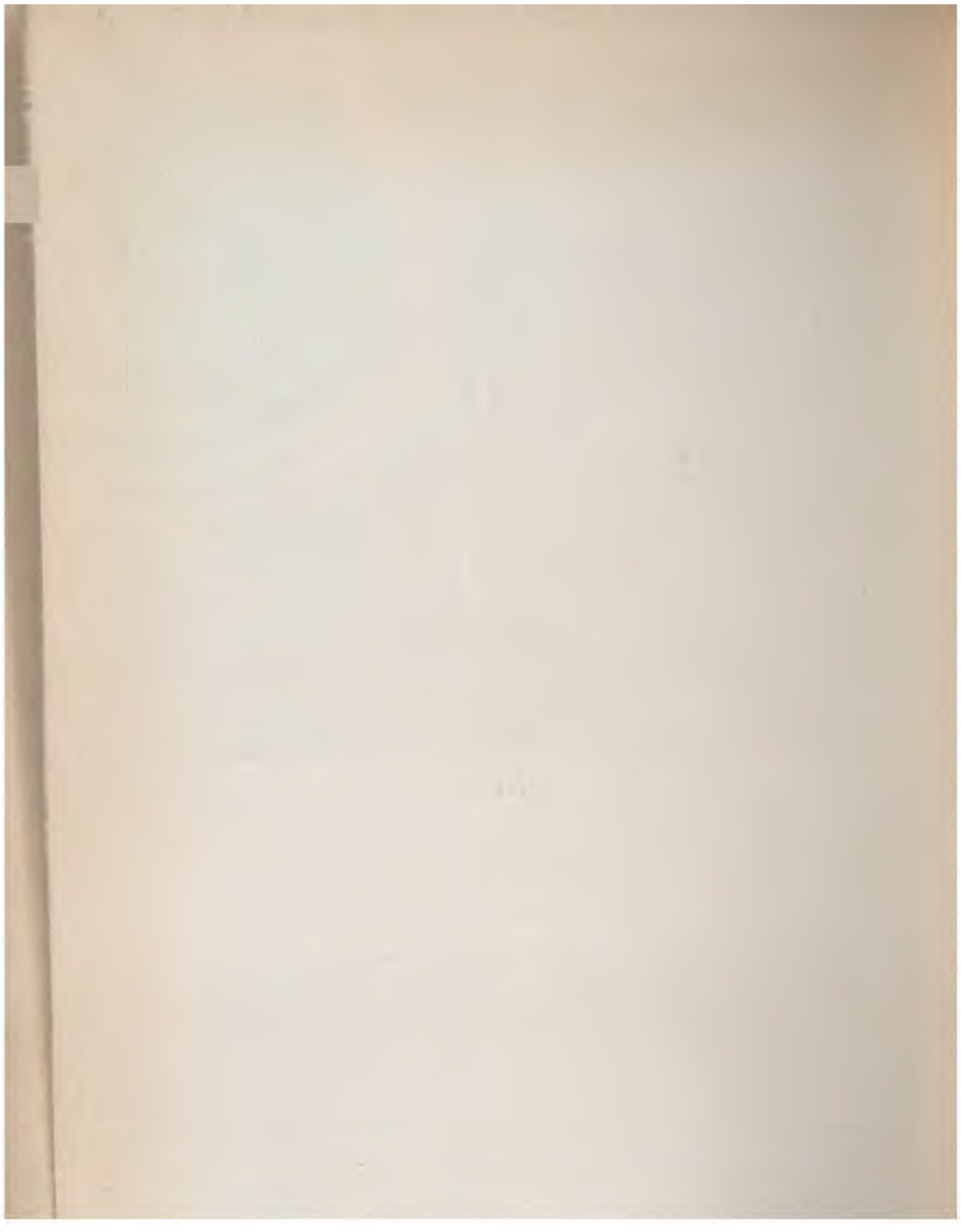
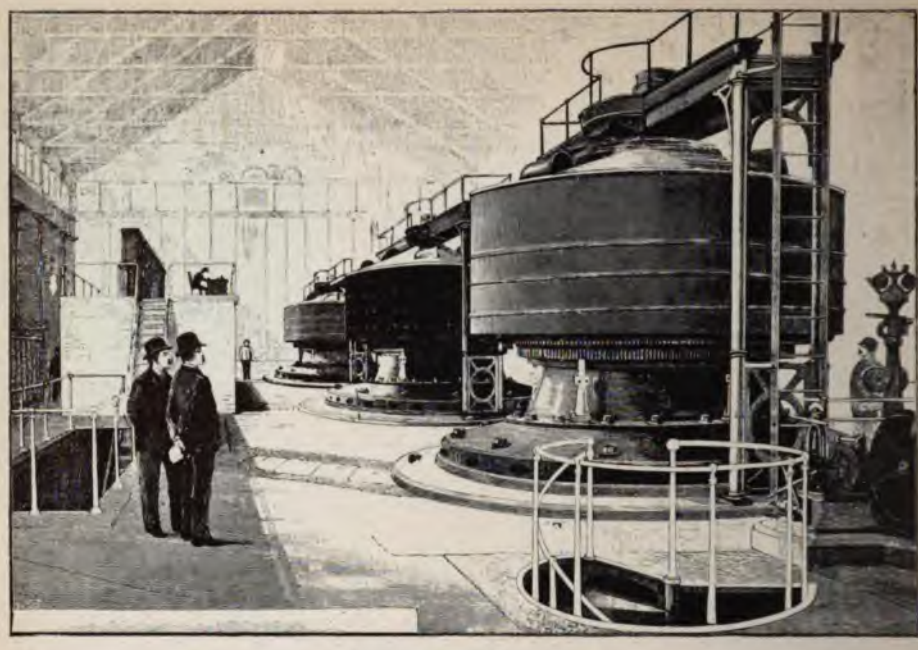


Fig. 442. Turbinanläggning vid Niagara

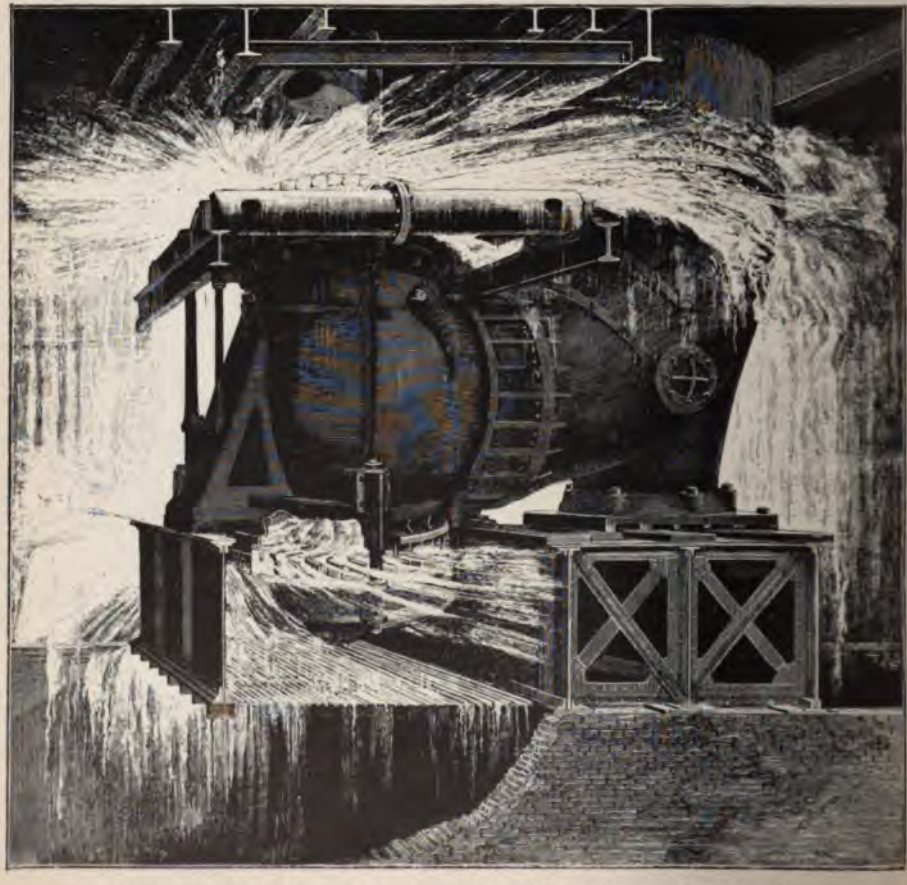
Grycksbo. Elektromotor om 150 hkr.

Grycksbo generatorstation.

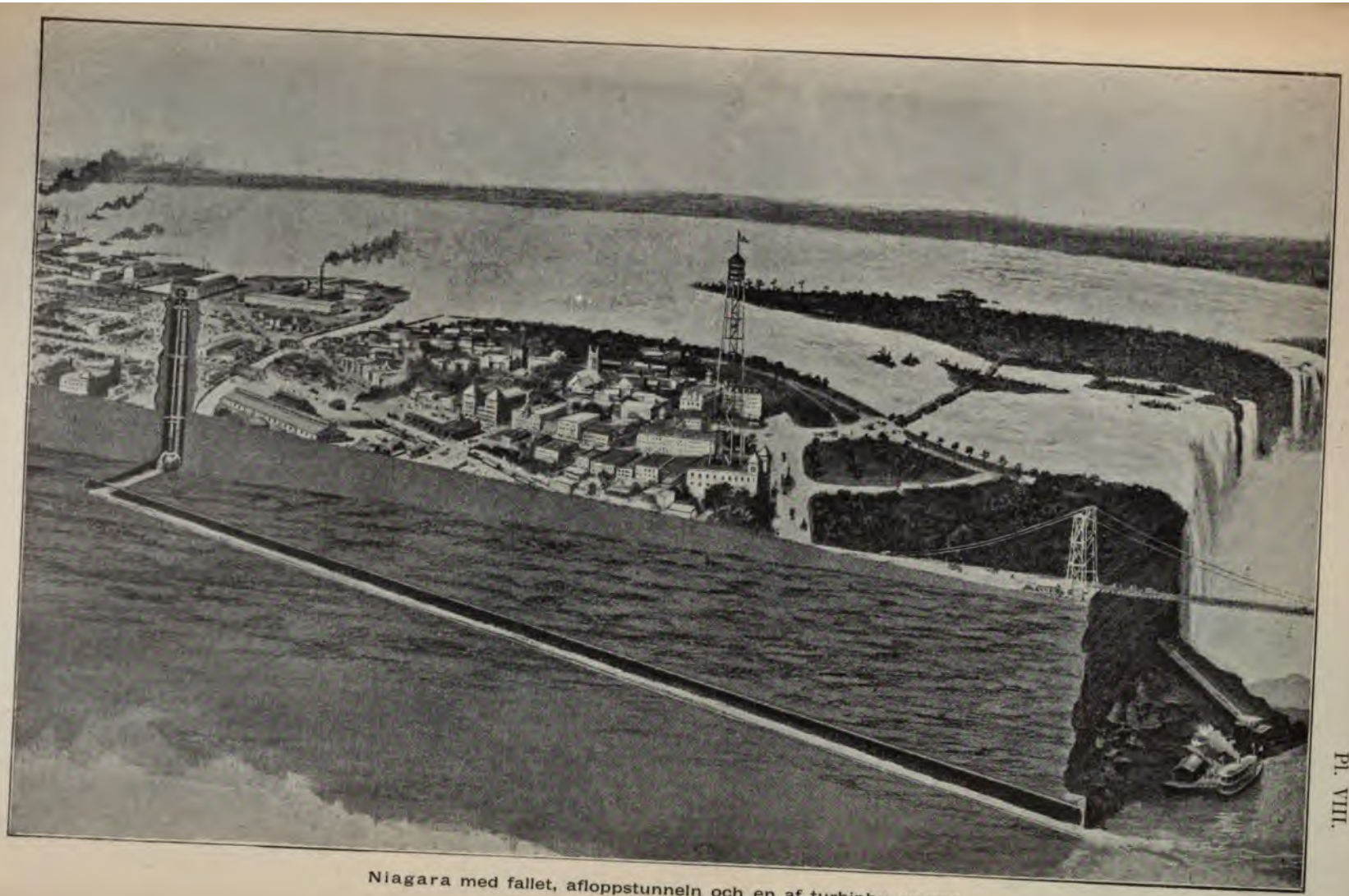




Dynamomaskinerna.



Niagaraverken. Vattentrumma och turbin om 5,000 hkr.



Niagara med fallet, afloppstunneln och en af turbinbrunnarna.

drifver dynamons induktor, som äfven har vertikal axel, i likhet med maskinerna uti aluminiumfabriken vid Neuhausen (se nästa kapitel). Sammanlagda vikten af induktorn och axeln utgör 69,000 kg. Vattnet, som nedifrån forsar in i turbinen, utöfvar därigenom en viss lyftande kraft, tillräcklig att motväga nämnda tyngd, så att ingen friktion uppkommer i de nedre tapplagren. Naturligtvis finnes det en elektrisk järnväg utmed klippbranterna vid fallet.

Svenska anläggningar för elektrisk kraftöfverföring. Äfven i vårt land ha på få år flera sådana anläggningar kommit till utförande, och deras antal är i ständigt stigande. Bland dessa skola vi härmed i korthet omnämna några af de märkligaste.

Anläggningen vid *Grängesbergs gruffält* (Pl. VII) är en af våra äldsta kraftanläggningar enligt trefassystemet. Kraften alstras af ett vattenfall vid Hellsjön, be-

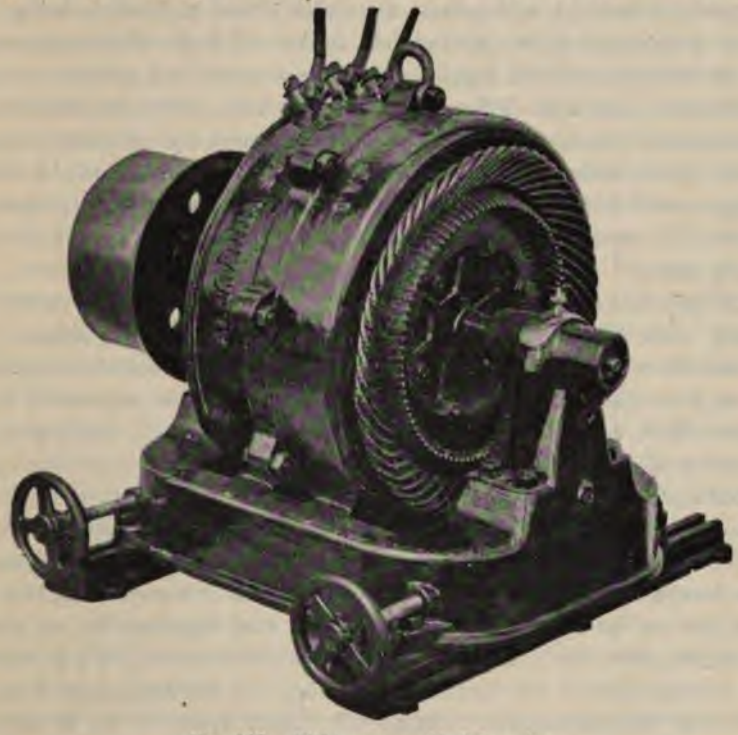


Fig. 443. Elektromotor vid Grängesberg.

lägen 8,5—13,7 km. från de olika kraftförbrukningsstationerna vid gruffältet. Vid Hellsjön äro fyra turbiner uppställda, hvardera om 100 hkr. och direkt kopplad med en tillhörande trefasdynamo (jfr fig. 98). Af dessa maskiner användas tre för kraft och en för belysning. Den från maskinerna kommande strömmen har en spänning af 150 volt, hvilken medelst transformatorer höjes till c:a 5,500 volt. Linieledningen består af fem blanka koppartrådar, nämligen tre för kraften och två för belysningen, alla af 4 mm. diameter. Vid förbrukningsplatserna transformeras strömmen åter till en för motorerna och belysningen lämplig, lägre spänning.

Motorerna äro till antalet fem, nämligen två om 30 hkr., en om 40, en om 15 och en om 5 hkr. De användas mestadels för drifvande af grufspel och äro försedda med friktionskoppling, så att de kunna sättas i gång utan belastning. Fig. 443 visar en af de större motorerna.

VII. Elektrokemisk industri.

Den elektriska strömmens kemiska verkningar användas numera på mångfaldiga sätt inom industrien. Dessa användningar kunna hänföras under tre särskilda hufvudgrupper, af hvilka den första och äldsta, af gammalt benämnd **galvanoteknik,** omfattar konsten att med elektricitetens hjälp åstadkomma metalliska utfällningar, galvanostegi, eller afbildningar af föremål, galvanoplastik; den andra, benämnd **elektrometallurgi,** afser metallers utbringande i stor skala medelst elektricitetens hjälp, och den tredje, utan särskildt betecknande namn, omfattar alla **öfriga grenar** af elektrokemisk industri.

Vi skola nu under motsvarande afdelningar skärskåda denna industri.

A. Galvanoteknik.

Galvanostegi. Badet och elektroderna. — Strömkällor. — Ledningar och badkärl. — Strömmens reglering. — Förberedande arbeten. — Badens tillredande och behandling. — Förnickling. — Försilfring. — Förgyllning. Platinering. — Förzinkning. Förtenning. Blybeläggning. — Förkoppring. Mässingsbeläggning. — Öfriga användningar.
Galvanoplastik. Koppargalvanoplastik. — Klichéer. — Efterbildning af föremål. — Öfriga användningar.

När en elektrisk ström framgår genom en metalltråd, blir, såsom vi redan veta, tråden varm eller till och med glödande; men sedan strömmen upphört, befinner sig tråden efter afsvalningen åter i alldeles samma tillstånd som förut. Metallerna äro enkla kroppar och benämnas, i elektriskt afseende, ledare af första klassen. Helt annorlunda förhålla sig de sammansatta kropparna; dessa sönderdelas af den elektriska strömmen och kallas ledare af andra klassen eller *elektrolyter*. Sammansatta kroppar i fast tillstånd, exempelvis blå vitriol (kopparsulfat), genomsläppa vid vanlig temperatur elektriciteten mycket dåligt, hvarför deras sönderdelning går mycket långsamt. På samma sätt förhålla sig rena vätskor, t. ex. rent vatten, alkohol. *Lösningar* af metallsalter* leda däremot elektriciteten ojämförligt mycket bättre, och man kan lätt studera sönderdelningens eller *elektrolysens* förlopp. Om det ofvannämnda blå kopparsulfatet löses i vatten och en elektrisk ström ledes därigenom, så går kopparn till den negativa polen och afsätter sig på denna som en röd metallbeläggning, medan saltets andra del går till den positiva polen, där svafvelsyra bildas i lösningen, under det

* Metallsalter äro exempelvis: koksalt, alun, kopparvitriol, lapis, hvilka i ordning innehålla metallerna natrium, aluminium, koppar och silfver.

att gasformigt syre bortgår. På liknande sätt förhålla sig andra salter: metallen följer med den elektriska strömmen och afsätter sig på den negativa polen.

Den förste, som begagnade elektrolysen för att framställa afbildningar af föremål, anses vara Jacobi (1839). Han skaffade sig först en metallafgjutning (*matris*) af det ifrågavarande föremålet. Denna matris upphängdes såsom negativ pol i en kopparsulfatlösning, genom hvilken en elektrisk ström leddes. Kopparn utfälldes då på matrisen och lagrade sig till och med i dess finaste fördjupningar. Efter någon tid blef denna kopparskålla tillräckligt tjock att kunna löstagas; den visade sig då utgöra en fullkomligt trogen kopia af det ursprungliga föremålet.

Redan ett år efter Jacobis upptäckt fann Murray, att man i stället för metalliska matriser äfven kunde använda sådana af oledande ämnen, blott dessas yta belades med grafitmjöl, som leder strömmen. Detta förfaringssätt blef synnerligen värdefullt för tekniken. Den nya uppfinningen började också snart att tillgodogöras i England, förnämligast af Elkington Brothers; i Paris af de Ruolz, en f. d. kammartjänare hos Ludvig XVI, hvilken genom revolutionen nödgades att söka sitt förvärf inom industrien. Sedermera spred sig denna industri äfven till andra länder.

Galvanostegi.

Långt innan man kommit till kunskap om den elektriska strömmens sönderdelande verkan på metallsalter, hade man lärt sig att med silfver och guld öfverdraga föremål af ädla metaller. Vid förgyllning förfor man antingen så, att föremålet belades med guldblad, hvilka genom stark gnidning eller tryck fästes vid den ädla metallens yta, eller ock upplöstes guldet i kvicksilfver, och det så erhållna *guldamalgamet* ströks på metallföremålet, som därefter upphettades. Härvid bortdunstade kvicksilfret, och guldet kvarblef såsom en hinna (*brännförgyllning*). Bägge dessa metoder voro dyrbara och besvärliga; den sistnämnda dessutom hälsofarlig till följd af kvicksilfverångorna. Därtill var det svårt att efter behag bestämma guldhinnans tjocklek. Med elektrisk ström blir arbetet lättare och billigare, och man kan göra guldbeläggningen huru tunn eller tjock som helst. Dessutom blef det numera möjligt att drifva tillverkningen fabriksmässigt, hvaremot de äldre metoderna helt och hållet berodde af arbetet för hand.

Badet och elektroderna. Innan vi beskrifva, huru de olika metallerna utfällas, skola vi något skärskåda de allmänna grunderna för galvanostegien.

Af det föregående är bekant, att om en elektrisk ström skall ledas genom en vätska, ledningstrådar från strömkällans poler antingen neddoppas i vätskan eller ock förenas med metallplåtar eller gröfre metallstycken, som ställas ned i vätskan. Vi veta äfven, att dessa metalliska ledare kallas med det gemensamma namnet *elektroder* och den positiva, genom hvilken strömmen inledes, särskildt *anod*, den negativa *katod*. De få icke beröra hvarandra, emedan strömmen då går direkt öfver mellan dem utan att sönderdela vätskan eller *badet*, som man vanligen uttrycker sig. Den i badet lösta metallen går, enligt hvad ofvan sagts, till katoden och utfälles på densamma. Följaktligen bör det föremål, som skall beklädas med den uti badet lösta metallen, utgöra katod. Metallen uti ett salt benämnes på vetenskapens språk

saltets *positiva ion* (kation), resten dess *negativa ion* (anion). Denna senare öfvergår under elektrolysen till anoden och angriper dess metall för att bilda ett nytt salt. Om anoden då består af en annan metall än den, som finnes upplöst i badet, så kommer denna andra metall äfven att småningom lösas däri och badets sammansättning sålunda att förändras; slutligen föres den af strömmen öfver till katoden och utfälles där samt förorenar sålunda den metall, som ensamt skulle utfällas. — Till undvikande häraf använder man som anod samma metall som den, hvilken är löst i badet och skall utfällas på katoden. Då löses vid anoden ständigt lika mycket metall, som utfälles vid katoden, badets sammansättning förblir oförändrad, och hela förloppet blir en öfverflyttning af metall från anod till katod. På sådant sätt kan man i gynnsamma fall använda samma bad i åratal och har blott att då och då ersätta de förbrukade anoderna. Ofta nog förekomma dock biverkningar, hvilka så småningom ändra badets sammansättning.

Ett annat sätt att förekomma badets förorening är att använda anoder, hvilka icke angripas af metallsaltets negativa ion. Sådana ämnen äro platina och kol. Kolet har dock alltid den olägenheten, att det småningom smulas sönder och förorenar badet. Vid användning af olösliga anoder kan badets sammansättning tydligtvis ej förblifva oförändrad, hvadan denna utväg endast i några få särskilda fall är förmånlig.

Fig. 444. Galvanisk försilfringsapparat.

Fig. 444 visar en galvanisk försilfringsapparat. Ofvanpå ett högt, öppet porslinskärl hvilar en mässingsring *r*, uppburen af fyra stänger *s*. Föremålen, som skola försilfras, upphängas i metalltrådar på mässingsringen, hvilken förenas med elektricitetskällans negativa pol, hvarigenom dessa föremål alltså komma att utgöra katod. Till anod begagnas i detta fall ett cylindriskt silfverbleck *b*, som ställes midt i kärlet, på det att alla föremålen skola bli lika starkt försilfrade. I badet är silfver upplöst. För att få silfverbeläggningen riktigt jämn bör man tid efter annan vända om föremålen samt anbringa anoder på bägge sidor, såsom å bilden synes. Eller ock lagar man, att de oafbrutet kringvridas.

Strömkällor. För utfällning af metaller behöfver spänningen mellan elektroderna icke vara stor, men strömstyrkan bör däremot vara jämförelsevis betydlig, alltefter storleken af föremålens sammanlagda yta, hvarom mera nedan. Härtill kommer, att strömmen ofta måste verka en längre tid utan afbrott.

I början använde man *galvaniska element*, hufvudsakligen Bunsens, och sådana förekomma ännu vid mindre arbeten. För arbeten och anläggningar i större skala äro de emellertid icke lämpliga, emedan de då skulle behöfvas i stort antal, upptaga betydligt utrymme och vara besvärliga att sköta. Såsom vid beskrifningen af de elektriska maskinerna redan blifvit omtaladt, har man därför inom denna industri nu

öfvergått till *dynamomaskiner* af särskildt för ändamålet lämpad konstruktion. Strömmen måste vara likriktad, ty om den ständigt omkastades under elektrolysen, skulle den redan utfällda metallen tydligtvis å nyo upplösas. Då motståndet i badet är obetydligt, exempelvis jämfördt med motståndet i en båglampa, och då vidare den möjligen befintliga elektromotoriska motkraften aldrig öfverstiger några få volt, så behöfver maskinens elektromotoriska kraft icke heller vara betydlig. Man använder därför maskiner med mycket ringa inre motstånd och som alstra stark ström af ringa spänning. Det vore visserligen möjligt att, med hjälp af transformatorer, använda strömmen från en vanlig belysningsdynamo med hög spänning, t. ex. 1,000 volt, men anläggnings- och driftkostnader blifva då större och skötseln svårare än om en särskild, för ändamålet väl afpassad dynamo anskaffas. Samma orsaker göra det olämpligt att använda ackumulatorer. Ej heller är det lätt att anordna flera bad efter hvarandra och sålunda fullständigt tillgodogöra strömmen från en maskin med hög spänning, ty baden blifva då i hög grad beroende af hvarandra.

Vid användningen af sådana dynamomaskiner med låg spänning har man emellertid en viktig omständighet att beakta. Om maskinens hastighet aftager eller dess rörelse helt och hållet upphör, kan det nämligen inträffa, att den elektromotoriska motkraft, som på grund af polarisation eller andra omständigheter förefinnes i badet, uti elektromagnetlindningarna framsänder en motström, som orsakar omkastning af maskinens poler. Om dynamon å nyo sättes i gång med normal hastighet, skulle därför den redan utfällda metallen gå tillbaka i lösningen. Man använder därför maskiner med bilednig till elektromagneterna — shuntmaskiner (jfr sid. 76) —, där induktorn har två lindningar försedda med hvar sin särskilda kollektor, så att maskinen alstrar tvenne strömmar, hvaraf den ena användes till elektromagneterna, den andra till badet.

Fig. 445. Anod med hängare.

Ledningar och badkärl. Då spänningen således är obetydlig, kan man utan olägenhet begagna blanka ledningstrådar, hvilka vid behof isoleras genom underlagda trä- eller porslinsbitar. Ledningen från maskinen till arbetsrummet göres dock bäst af isolerad tråd för att hindra kortslutningar. Men trådarna måste vara grofva, ty strömstyrkan är ju stor. Därför uppsättas i arbetsrummet massiva kopparstänger, från hvilka strömmar sedan kunna förgrenas till flera bad (fig. 446).

På badkärlen eller »vannorna» läggas äfven kopparstänger, som medelst klämskrufvar och trådar förbindas med hufvudledningen och hvarå anoderna och föremålen upphängas medelst metalltrådar (fig. 445).

Vid arbete i större skala användes såsom badkärl stora, på bockar ställda kar af trä, stengods eller emaljeradt järn (fig. 446), beroende på badets sammansättning, enär vissa bad angripa trä. För mycket stora bad användas murade och cementerade reservoarer.

Strömmens reglering. Förut är nämndt, att den elektromotoriska kraften måste vara tillräcklig för att öfvervinna de motkrafter, som kunna finnas i badet men hvilka icke pläga öfverskrida några få volt. Strömstyrkan måste emellertid äfven hållas inom vederbörliga gränser i förhållande till katodens yta, och man har således att bestämma, huru många ampère som komma på ytenheten af katoden.

Detta förhållande kallas *strömtäthet.* Som ytenhet användes vanligen kvadratdecimetern. Om man t. ex. ur den ofvannämnda kopparsulfatlösningen vill erhålla en vacker kopparfällning, bör strömtätheten ligga mellan 1,2 och 1,7, d. v. s. strömstyrkan beräknas till 1,2 à 1,7 ampère för hvarje kvadratdecimeter af katoden. Då katodytans storlek ofta växlar vid ombyte af galvaniseringsföremål, så vore det svårt att reglera strömtätheten genom strömstyrkans afläsande, ty man känner ju

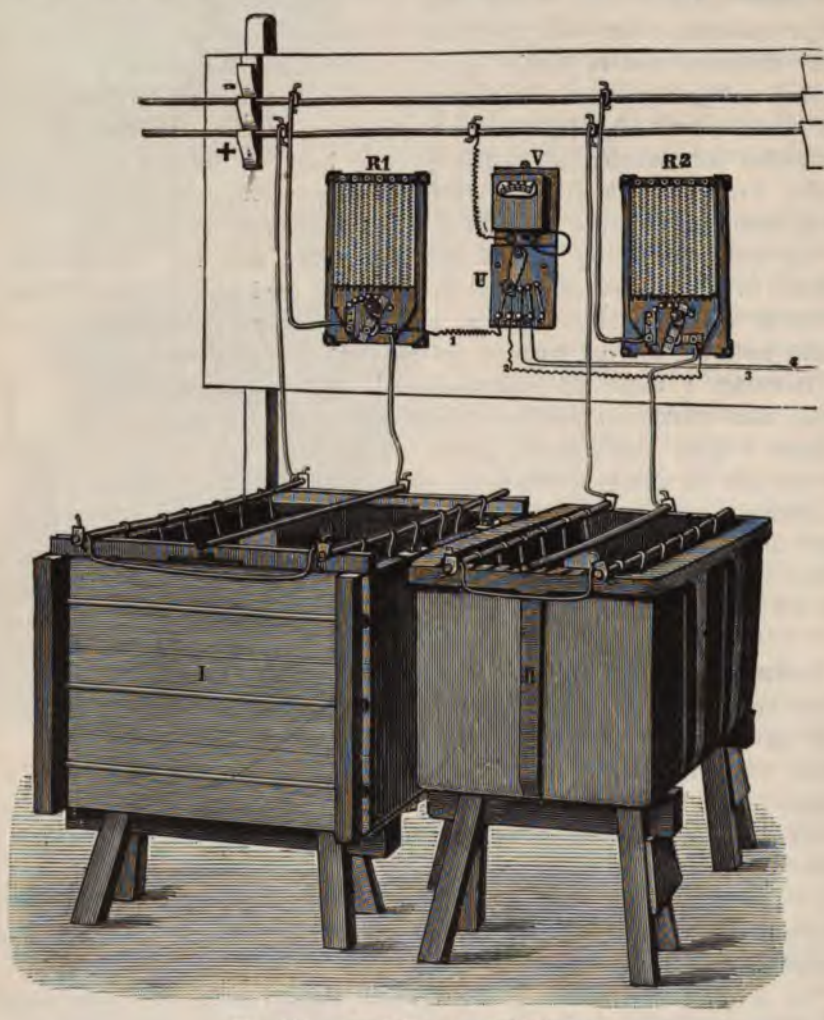


Fig. 446. Anordning af galvaniska bad.

icke föremålens yta. Men badets motstånd ändras i nära omvändt förhållande till denna yta, och därför blir strömtätheten oförändrad, om *spänningen* vid elektroderna nålles oförändrad. Sedan man genom försök funnit, hur stor denna spänning lämpligen bör vara, behöfver man således endast tillse, att den bibehålles oförändrad. För detta ändamål användas s. k. *reostater* eller motståndsapparater, som efter behag kunna inskjutas i strömbanan och hvilkas konstruktion liknar dem, som förut omtalats vid dynamomaskinerna.

Ofvanför hvartdera badet i fig. 446 är en dylik reostat afbildad. Voltmätaren (spänningsmätaren) är anbragt mellan reostaterna och kan lätt sättas i förbindelse med olika bad.

Förberedande arbeten. Innan föremålen insättas i baden, måste deras yta mycket omsorgsfullt rengöras och poleras, och härtill erfordras en hel rad förberedande arbeten.

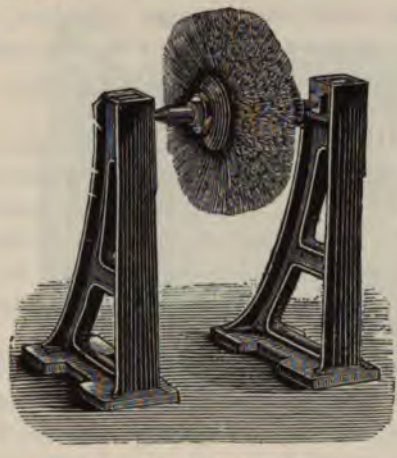


Fig. 447. Borstmaskin.

Fig. 448. Slipningsmaskin.

För *rengöringen* användes först en rund borste af ståltråd, snabbt roterande kring en axel (fig. 447). Därmed renskrapas alla delar af föremålet, så att den metalliska ytan framträder öfverallt. I större fabriker begagnas äfven sandbläster för detta ändamål. Härefter kommer *slipningen*, som afser att göra metallytan riktigt jämn. Denna utföres först med snabbt roterande träskifvor, klädda med smärgladt läder (fig. 448), därefter med finare smärgel och slutligen med runda borstar af svinborst, insmorda med smärgel och olja.

Fig. 449. Poleringsapparat.

Efter slipningen skola sakerna *poleras*. Härtill användas polerskifvor, sammansatta af rundklippta filt- eller klädeslappar, uppträdda på en axel och fastpressade medelst små järnskifvor. Då axeln hastigt kringvrides, gnida klädeslapparna hårdt mot metallsakerna, som skola poleras (fig. 449). Som polermedel användas dessutom wienerkalk, trippel, järnoxid o. s. v. Till undvikande af förlust genom nötningen poleras ädla metaller med polerstål eller polersten.

Efter alla dessa mekaniska rengöringar återstå de *kemiska*, hvilka afse att borttaga fett och däraf kvarhållen smuts. Äfven före slipningen rengöras, om så behöfves, oxidbelagda — eller, som det i dagligt tal heter, »anlupna» — ytor medelst betsning. Härtill användes t. ex. för järnsaker utspädd svafvelsyra, stundom med tillsats af salpetersyra. De betsade sakerna måste väl sköljas i kallt vatten och sedan hastigt torkas, hvilket sker genom pågjutning af hett vatten, som snart afdunstar. Till sist gnidas de med sågspån, som uppsuger den ännu kvarvarande fuktigheten.

För borttagande af fett tvättas de slipade och polerade sakerna med petroleum (fotogen) eller benzin, som är ett godt lösningsmedel för sådana ämnen, eller ock doppas de i alkalilut, hvilken sönderdelar fettämnet. Därefter spolas de å nyo, och sedan borttages den sista återstoden af fett genom borstning med en gröt af kalk och slammad krita. Efter denna behandling får föremålet icke vidare fattas med händerna, emedan fingrarna då skulle lämna märken efter sig. Därför fastsättas sakerna före rengöringen uti de metalltrådar, hvari de slutligen skola hänga i badet. Under den nu nämnda behandlingen uppkommer på metallytan en tunn oxidhinna, hvilken borttages genom *dekapering*, d. v. s. föremålens neddoppning i en svag syrelösning och därpå följande hastiga afspolning, hvarefter de genast nedsättas i badet.

Badens tillredande och behandling. Förutom metallutfällningen, hvilken ju har det största intresset, kunna i de galvaniska baden förekomma åtskilliga andra kemiska förlopp, hvilka i sin tur kunna inverka på metallfällningens beskaffenhet. Ett närmare utredande af dessa förlopp skulle emellertid föra oss för långt in i kemiens mysterier, och vi få därför nöja oss med den upplysning, att det är till förhindrande af skadliga biverkningar, som badens tillblandning oftast måste göras ganska sammansatt.

För dessas sammansättning har man en stor mängd recept, delvis goda, delvis värdelösa; att äfven antalet af verkligt goda recept är stort, beror icke endast därpå, att det kan finnas olika vägar till samma mål, utan äfven därpå, att man för olika ändamål vill hafva fällningar af växlande glans, färg o. s. v. I det följande skola vi angifva hufvudgrunderna för de olika metallbadens sammansättning, förnämligast enligt uppgifter af Langbein och Fontaine.

Det är emellertid icke nog, att det galvaniska badet har lämplig sammansättning, det måste äfven skötas väl, om det skall kunna användas under flera år. Första villkoret är att på det noggrannaste hindra badets förorenande genom nedhängande ledningstrådar, ifallande smuts o. s. v. Då vidare den elektriska strömmens ofvan omtalade biverkningar kunna föranleda ändringar i badets sammansättning, måste denna allt emellanåt undersökas. Det finnes också vissa yttre kännetecken, hvaraf man kan se, huruvida badet är i olag eller ej, i främsta rummet naturligtvis fällningens utseende. Vid utfällning af nickel t. ex. får badet icke vara neutralt eller alkaliskt, ty då blir fällningen mörk, och icke heller för surt, ty då blir fällningen bläddrig och faller af. Med hjälp af lackmuspapper kan man se, om badet har den riktiga syrehalten.

Förnickling. Af alla galvanostegiska förfaranden är förnicklingen måhända för närvarande det mest använda. Den förste, som lyckades med sådana fällningar, var professor Böttger (1842), men de bästa föreskrifter för förnickling hafva gifvits af Adams (1869). Denna industri tog på 1860-talet fart i Amerika, och efter denna framgång fick den fast fot äfven i Europa. För närvarande är »nickeldräkten» ytterst allmän och användes dels i stället för lackering af instrument och apparater, dels på en mängd föremål af järn och zink, som förut fingo vara utan skyddande öfverdrag. Nickelns företräden äro: oföränderlighet i luften, en frisk, silfverlik färg och en vacker polityr. Metallen, som hvarken är mycket dyr eller mycket sällsynt, användes förut endast till nysilfver; då det emellertid särskildt i Amerika fanns öfverflöd på nickelmalm, så befrämjades härigenom kraftigt den nya industrien. I Amerika producerades

år 1882 omkring 1,000 tons eller ungefär en fjärdedel af hela jordens nickeltillverkning.

Vid förnickling är det af största vikt, att vatten och nickelsalter äro fullt rena. Allmännast användes det af Adams införda dubbelsaltet af nickelsulfat och ammoniumsulfat, till hvars lösning sättes ammoniumsulfat eller salmiak och äfven ofta en svag syra (t. ex. citronsyra). Ett ringa öfverskott af syra gör nämligen nickelfällningen hvitare. Äfven klornickel användes, dock icke för utfällning på järn. Detta

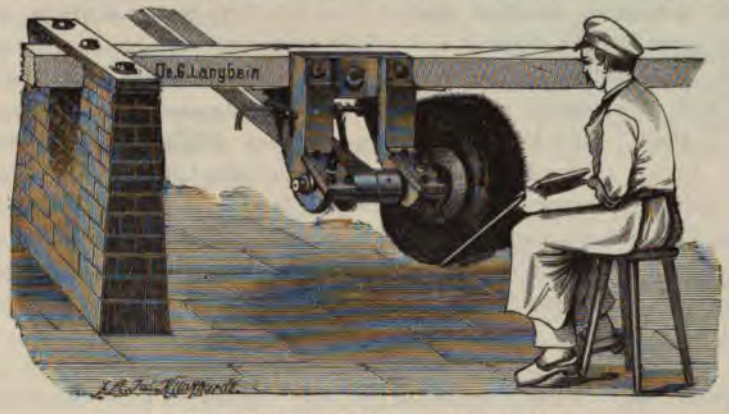


Fig. 450. Polering af zinkbleck för förnickling.

salt ingår i det enkla s. k. amerikanska nickelbadet. Detta utgöres från början af en 15- till 20-procentig salmiaklösning och innehåller sålunda först icke alls någon nickel. Men om nickelplattor upphängas som anoder i denna lösning och metallsakerna som katoder, så frigöres vid anoden klor, som upplöser nickeln, så att efter några timmar så mycket nickel gått i lösningen, att metallen börjar utfällas på katoden. Men detta bad duger blott för sämsta och billigaste förnickling. Ett liknande förfaringssätt är däremot mycket lämpligt för utfällning af järn, och därför har metoden blifvit här omnämnd.

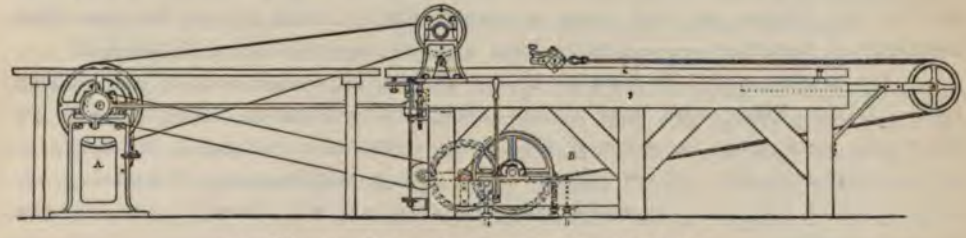


Fig. 451. Räubers poleringsmaskin för zinkbleck.

Ett mycket användt halffabrikat är förnickladt zinkbleck, som användes till allehanda korta varor af metall, hvilka man söker göra så billiga som möjligt. Denna industri har ett hufvudsäte i Leipzig. Före förnicklingen slipas och poleras blecken på särskild härför afsedd maskin (fig. 450). Som arbetaren ej kan föra det stora, tunna blecket med handen, lägges det på ett bräde, som stödes på knäna och tryckes mot borsten. En annan sådan maskin, som själf utför poleringen, är konstruerad af Räuber i Elbing (fig. 451). Zinkblecket, som på figuren icke synes insatt i maskinen, drages här öfver en polervals, som roterar 2,000—3,000 hvarf i

minuten, och föres samtidigt fram och tillbaka åt bägge sidorna för att hindra uppkomsten af långa rispor. Blecket fasthålles af en stor tång, fäst vid ett tåg, som upplindas på en vals och sålunda drager blecket med sig. Polervalsen vrider sig i motsatt led, så att blecket alltid hålles spändt och plant. Genom en särskild inrättning kan rörelsehastigheten ändras äfvensom tågvalsen frånkopplas, hvarvid polervalsen skjuter blecket tillbaka till dess ursprungliga läge. På så sätt kan man låta blecket flera gånger passera fram öfver polervalsen utan att behöfva löstaga det.

Efter poleringen rengöres blecket från fett först genom afrifning med stoftfin wienerkalk, sedan genom viskning med fuktig wienerkalk och slutligen genom spolning med vatten. Då vanligen endast den ena sidan af blecket skall förnicklas, så läggas två bleck med de opolerade sidorna mot hvarandra, hopfästas med klämskrufvar och nedsättas i badet. Nickelöfverdraget kan antingen utfällas direkt på zinken, eller ock förses blecket först på galvanisk väg med en tunn koppar- eller mässingshinna. Mässingen gifver en hvitare ton åt nickelbeläggningen.

Efter förnicklingen doppas blecket i hett vatten, aftorkas med sågspån och poleras.

På liknande sätt kan man äfven åstadkomma förnickladt järnbleck, men denna vara framställes dock öfvervägande enligt de westfaliska verkens metod genom att svetsa nickel på järn och sedan utvalsa plåten.

Försilfring. Försilfringsindustrien har ungefär samma betydelse som förnicklingen, ehuru den icke är fördelad på så många händer utan till följd af det större kapitalbehofvet koncentrerats hos ett fåtal stora hus. Den bekanta firman Christofle & C:ie i Paris förbrukar årligen 6,000 kg. silfver till galvanisering och har på femton år efter sin grundläggning (1842) utfällt inemot 200,000 kg. I samma skala arbetar firman Elkington Brothers i Birmingham. Man har beräknat, att årligen 110—120,000 kg. silfver sålunda förbrukas på hela jorden.

Det enda riktigt lämpliga, bepröfvade silfverbadet består af cyansilfver och cyankalium lösta i vatten. En ringa halt af organiska ämnen är fördelaktig, och baden blifva bättre efter någon tids begagnande. Anoderna utgöras af rent silfver. Då cyankalium är ytterst giftigt och försilfringsarbetet därför hälsovådligt, har man sträfvat att frigöra sig från detta preparat. Ett af Zinin nyligen föreslaget bad, bestående af jodsilfver och jodkalium lösta i vatten, uppgifves vara förträffligt.

Vid arbeten med ädla metaller är det af vikt, att metallhinnan ej göres onödigt tjock. Därför håller man reda på den utfällda silfvermängden, antingen genom att observera, huru länge en ström af viss styrka verkat eller ock genom att upphänga galvaniseringsföremålen på en vågarm och iakttaga viktökningen. Brandeley har konstruerat en våg, som automatiskt afbryter strömmen, när silfverbeläggningen ernått bestämd tjocklek.

Förgyllning. Platinering. Guldbadets sammansättning liknar silfverbadets; det består af cyanguld löst i cyankaliumlösning. Anoderna äro af guld, hvilket dock icke löses hastigt nog, hvadan badet då och då måste förstärkas. Om guldbadet är varmt, kan lösningen vara svag, och detta begagnas vid förgyllning af smärre saker. Vid arbeten i större skala blir uppvärmningen alltför omständlig, hvarför man då begagnar kalla bad. Ingen annan metall kan användas i så tunna hinnor som guldet; en fyrtiotusendels millimeter kan vara tillräckligt. Christofle & C:ie använder årligen 25 kg. till galvanisk förgyllning.

Vid förgyllning kan man erhålla olika färgtoner, blekgula, guldgula eller mörkgula, alltefter strömmens styrka. Genom tillsats af silfver eller koppar till badet erhållas grönaktiga, rödaktiga och till och med rosafärgade nyanser. Om föremålets yta är matterad, blir förgyllningen matt.

Intressant är förgyllningen af metalltråd för tillverkning af galoner och dylikt. Tråden löper från en spole öfver några valsar, hvilka draga den genom guldbadet med lagom hastighet, för att en guldhinna af önskad tjocklek kan fastna däråt. Strömmen ledes genom valsarna.

Vid *platinering* användes ett dubbelsalt af platinaklorur och salmiak lösta i vatten. Badet måste vara varmt. Som polarisationen här är stark, måste spänningen i badet vara starkare än vid öfriga metallers utfällning och utgör därför 5 à 6 volt. Anoderna utgöras af platinableck, men dessa lösas icke, hvarför badet ofta måste förstärkas genom tillsats af det ofvannämnda saltet. I svafvelsyrefabrikationen användas stora destillationskärl af platina, och det skulle medföra stor besparing, om dessa kunde ersättas med t. ex. platinerade kopparkärl. Hittills har man dock icke lyckats åstadkomma ett tillräckligt tjockt och tätt platinaöfverdrag.

Palladium är en ädel metall, som liknar silfver men har företrädet att icke svärtas af svafvelväte. Man brukar därför gifva ett tunt galvaniskt palladiumöfverdrag åt försilfrade astronomiska och andra precisionsinstrument.

Förzinkning. Förtenning. Blybeläggning. Med »galvaniserad järnplåt», hvilken som bekant mycket användes till taktäckning o. d., menas järnplåt med ett öfverdrag af *zink* till skydd mot rost. Detta öfverdrag är dock ingalunda framställdt på galvanisk väg utan helt enkelt genom att doppa rengjord järnplåt i smält zink. På liknande sätt kan järn öfverdragas med *tenn* och bly; förtent järnbleck har, som man vet, en vidsträckt användning.

Dessa metoder kunna visserligen ersättas med galvanostegiska, men därmed tyckes tills vidare ingen fördel vara förenad, då de gamla sätten förefalla billigare och mera tidsbesparande. Richter har dock nyligen utarbetat en metod att i stor skala förzinka järn, hvilken uppgifves vara billigare. Däremot har förtenning af koppartråd, afsedd särskildt för elektriska kablar, på senaste tid börjat mycket användas.

Öfverdrag af *bly* användes mycket sällan i ändamål att skydda metallvaror. Däremot kan man med bly åstadkomma en egendomlig dekorering af metallföremål, s. k. *irisering* (»Nobilis ringar»). Blyet afskiljes ur vissa lösningar vid den positiva polen (anoden) i form af en syreförening, blysuperoxid, och tunna lager häraf skimra i de grannaste färgnyanser alltefter blyhinnans tjocklek. Genom att i rätt tid afbryta strömmen kan man erhålla den färgton man önskar. Detta färgspel är af samma art, som det man iakttager t. ex. på en kopparslant, som glödgas och därvid öfverdrages med ett tunt lager oxid. I Frankrike användes den på galvanisk väg erhållna iriseringen till dekorering af knappar, metalldosor, leksaker o. s. v.

Förkoppring. Mässingsbeläggning. Järn, nickel o. s. v. måste öfverdragas med ett tunt lager af koppar, innan de försilfras, och af zink, innan den förnicklas. Vid kopparbad för galvanostegiska ändamål användes cyankaliumlösning, men i senare tider har man funnit, att dessa giftiga bad kunna ersättas med alkaliska lösningar af organiska syrors, t. ex. vinsyras, kopparsalter. Denna metod uppfanns af Weill i Paris 1863.

Koppar användes också såsom ensamt öfverdrag. I Frankrike har man kommit mycket långt i konsten att af zink och järn gjuta konstföremål samt fulländade kopior af skulpturarbeten. Dessa konstsaker angripas emellertid af luften, hvarför förkoppringen är ett högst värdefullt medel att skydda dessa vackra föremål.

Såsom elektricitetskälla kan man begagna antingen galvaniska element eller dynamomaskiner. Vid beskrifningen af Daniells element är redan omtaladt, att ur vitriollösningen koppar utfälles på kopparelektroden, och således kan med någon förändring ett sådant element användas för åstadkommande af galvanostegiska öfverdrag. För detta ändamål nedsättas i kopparbadet oglacerade lercylindrar, fyllda med utspädd svafvelsyra och innehållande zinkplattor, hvilka förenas med den i badet nedhängande katoden. Zinken blir här anod och löses i samma mån, som kopparn utfälles. Små korgar, innehållande kopparvitriol, nedhängas i lösningen för att ständigt hålla denna mättad med saltet. Fig. 452 visar en dylik enkel apparat, som enhvar nog lätt kan göra efter, i synnerhet som det icke är nödvändigt att hafva mer än en lercylinder. Den i badet nedhängda gipsbysten ingnides först med grafit för strömmens ledning.

Kopparöfverdrag användes äfven på telegraftrådar af järn, stålprojektiler och tryckvalsar. Äfven skeppsskrof har man nyligen i Amerika förkopprat på galvanisk väg.

Intressant är, att man på galvanisk väg nu kan åstadkomma öfverdrag af *mässing*, hvilken som bekant utgör en legering af koppar och zink. För detta ändamål sätter man både zink- och kopparsalter i lämpliga proportioner till badet samt använder en anod af mässing. Vill man öfverdraga med brons, så böra koppar och tenn samtidigt finnas i badet.

Öfriga användningar. Nyligen hafva i handeln börjat förekomma metallsaker med öfverdrag af mörkgrå till svart ton, hvilka i förening med polityr ger ett mycket vackert utseende åt föremålen. I dylika utfällningar förefinnes arsenik.

På galvanostegisk väg kan äfven efterhärmning af inlagda arbeten åstadkommas. Med en löslig färg anbringas en teckning på metallföremålet. Därefter bestrykas de bara ställena med något lämpligt lack eller vax, hvarefter en syra påstrykes, som löser upp färgen och etsar in teckningen i metallen men icke angriper lacket eller vaxet. Slutligen placeras föremålet t. ex. i ett silfverbad, då silfver utfälles på de etsade linierna. Lacket eller vaxet aftvättas med benzin, ytan slipas och poleras, och nu har man teckningen i fina silfverlinier på metallen.

Galvanoplastik.

Koppargalvanoplastik. Ofvan är sagdt, att med galvanoplastik menas konsten att med elektriska strömmens hjälp efterbilda föremål. Skillnaden mellan denna konst och galvanostegien är således den, att metallfällningarna måste vara betydligt starkare och dessutom kunna *lösgöras* från underlaget. Af dessa skäl användes hufvudsakligen koppar, ty denna metall utfälles lätt i seg form och i rent tillstånd. På senare tid ha dock äfven andra metaller i enstaka fall kommit till användande, särskildt nickel.

Det föremål, hvaraf en afgjutning skall tagas, ingnides först med grafit för strömmens ledning och öfverstrykes sedan med ett tunt fettlager, på det att kopparfällningen lätt skall kunna aftagas. På sådant sätt kan man få negativa afgjutningar af medaljer mynt o. s. v. Har man i stället en matris, så erhålles positiva kopior af föremålen.

Såsom elektricitetskälla kan man äfven här begagna galvaniska element. Men lämpligare är att använda dynamomaskin, emedan man då har i sin hand att fullständigt reglera strömstyrkan. Man begagnar ock samma apparater som inom galvanostegien.

Klichéer. Den viktigaste grenen af galvanoplastiken är tillverkningen af *klichéer*, d. v. s. kopior af träsnitt eller andra typografiska tryckformar. Sådana klichéer kunna tagas till obegränsadt antal af ett och samma träsnitt och äro mycket hållbarare än trästockarna, hvilka ej sällan springa sönder i tryckpressen.

Af träsnitt tages först ett aftryck, s. k. *matris*, i guttaperka eller vax. Guttaperkan, som måste vara mycket ren, uppmjukas genom neddoppning i hett vatten, hvarpå den utbredes till en platta, som lägges på den af en järnram omslutna trästocken, hvilken därpå insättes i en press, som trycker den bildbara massan mot träet, så att denna utfyller äfven de finaste linier i detsamma. För att kunna lösgöra

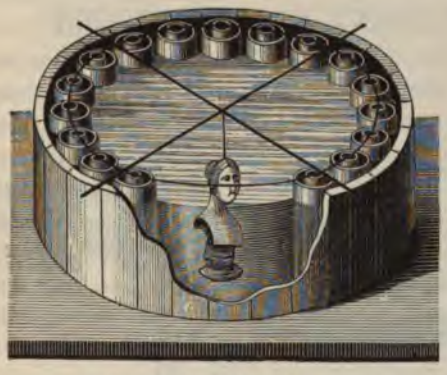


Fig. 452. Galvanoplastisk apparat.

Fig. 453. Grafiteringsmaskin.

guttaperkaplattan måste så väl denna som träsnittet förut ingnidas med grafitstoft. Efter afsvalning aftages guttaperkaplattan och visar då ett fullständigt aftryck af träsnittet.

Vid användning af vax tillblandas först något stearin, så att massan icke blir spröd, hvarefter denna smältes och gjutes i metallformar samt slutligen, medan den ännu är ljum, lägges på trästocken, hvarpå aftrycket tages med pressen.

Då dessa matriser icke äro ledande för elektricitet, måste de förses med ett öfverdrag af fint grafitpulver. Detta sker med hjälp af långhåriga mjuka penslar, antingen för hand eller ock med en särskild grafiteringsmaskin, fig. 453. Klichéen beströs med grafitmjöl och sättes uti en platta, som af maskinen föres fram och tillbaka. Öfver plattan sitter en kamelhårsborste, hvilken utaf mekanismen försättes i en hastig pendelrörelse, så att den sopar fram och tillbaka öfver plattan. Den öfverflödiga grafiten uppsamlas i en behållare under bordet. För att säkrare undvika dammet sättes maskinen under en låda. De grafiterade formerna afblåsas med en bläster och förses med ledningstrådar. På guttaperkaformerna genomborras matrisen med en syl och genom hålet dragas två koppartrådar — den ena trådens ändar hängas upp i katodstången, den andra trådens ändar läggas mot matrisens grafiterade del. På vaxformarnas metallfattningar finnas öglor, där ledningstrådar kunna fästas.

Sedan kopparfällningen uppnått den erforderliga tjockleken af $^1/_3$ mm., lossas den från formen, hvarpå en legering af bly, tenn och antimon gjutes på baksidan, så att man får en 3 mm. tjock platta. Denna fästes på en träskifva, hvarpå klichéen är färdig.

För att göra klichéerna motståndskraftiga mot nötning brukar man ofta på den färdiga klichéen utfälla ett ytterst tunt järn- eller äfven platinalager. Huset Christofle exponerade 1881 i Paris lyckade klichéer af nickel, hvilka ock kunna göras tunnare och äro mer varaktiga än de af koppar.

Efterbildning af föremål. Afgjutning af mynt, medaljer och reliefer försiggår på ungefär samma sätt som tillverkningen af klichéer. Vida svårare är att åstadkomma kopior af statyer och dylika föremål. Till en början var man hänvisad till att taga afbilder af enskilda partier och sedan hopsätta dessa delar. Men sedermera har problemet att i en enda operation framställa en kopia blifvit löst med framgång. Detta sker, enligt Plantés metod, på följande sätt. Man anskaffar först en matris och tillverkar sedan af blyplåt en kärna, som är mindre än matrisen men för öfrigt följer denna så troget som möjligt. Denna insättes som anod i matrisen, och i blykärnan hälles lösningen, som genom hål i blyplåtarna kommer ut äfven till matrisen. Genom denna anordning kan lösningen lätt omröras eller förnyas.

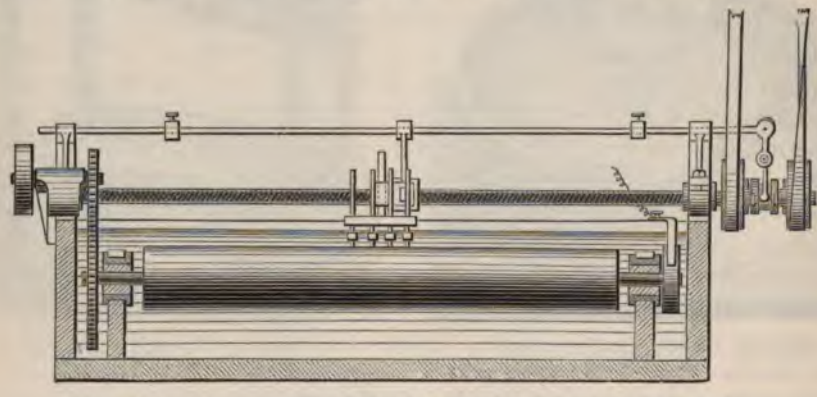


Fig. 454. Elmores apparat för elektrolytisk tillverkning af kopparrör.

Öfriga användningar. Blommor, blad och allahanda föremål af trä m. m. kunna galvaniseras, om de förses med ett ledande öfverdrag. En af de intressantaste bland de nya tillämpningarna af galvanoplastiken är den af Elmore uppfunna metoden för tillverkning af kopparrör på elektrolytisk väg. Detta är af ganska stor praktisk betydelse, ty sådana rör äro mycket sega och starka, hvaremot de vanliga kopparrören blifva otillförlitliga vid hög temperatur. Enligt detta förfaringssätt låter man en cylindrisk dorn (kärna) rotera i ett bad med kopparsulfatlösning, omgifven af kopparstänger (fig. 454), hvilka utgöra anoden; dornen är katod.

Kopparen utfälles på dornen, och när lagret erhållit önskad tjocklek, uttages dornen, och röret afdrages utan svårighet. Men för att gifva kopparn tillräcklig seghet och böjlighet, måste rörets yta under utfällningen gnidas långs efter med ett polerstycke af agat, hvilket under lindrig tryckning med stor hastighet föres öfver det ena skiktet efter det andra. Under polerstyckets lopp en gång fram och åter utfälles ett skikt af blott $^1/_{300}$ mm. tjocklek. På detta sätt vinnes äfven den stora fördelen, att kopparn kan utfällas jämförelsevis hastigt, utan att strukturen blir sämre. Äfven vid användande af råkoppar blir den på dornen utfällda metallen alldeles ren. Dessa rör användas till ång- och vattenrör, kalikåtryckvalsar, valsar för pappersmaskiner o. s. v. Fabriker för deras tillverkning äro anlagda i flera länder.

B. Elektrometallurgi.

Inledning. — Lämpliga dynamomaskiner. — Koppar. — Aluminium. — Magnesium och natrium. — Silfver och guld. — Järn. — Öfriga metaller.

Inledning. Då galvanoplastiken använder endast ganska svaga elektriska strömmar, kunde den äfven bedrifvas som industri, långt innan man kände dynamomaskinerna. Men uppfinningen af dessa elektricitetskällor gjorde det möjligt att införa elektriciteten äfven i den kemiska storindustrien; för dessa tillämpningar skola vi i de nu följande afdelningarna redogöra. På detta område härskar för närvarande en utomordentligt liflig verksamhet, däri vetenskapliga forskare, teknici och affärsmän taga del. Det kan icke betviflas, att en del af den elektrokemiska industriens starka uppsving härrör däraf, att elektrolysen just i våra dagar blifvit vetenskapligt utredd och förklarad, och vi kunna icke underlåta att i detta arbete nämna en svensk man, professor S. Arrhenius, såsom en af banbrytarne på det teoretiska området.

Den elektrokemiska industrien påkallar ock just nu särskild uppmärksamhet i Sverige, som icke utan skäl framhållits rent af som ett framtidsland för denna industri på grund af den rika tillgången på *vattenkraft*. En dynamomaskin drifves lika bra af ett vattenfall som af en med stenkol eldad ångmaskin; den lycklige ägaren af ett vattenfall har sålunda kraftkällan för den elektriska strömmens alstring redan till hands. Man har därför i Tyskland, som för närvarande gör anspråk på att stå främst inom den kemiska industrien, påpekat önskvärdheten af att tyska kapitalister satte sig i besittning af de svenska vattenfallen och särskildt Trollhättan. Lyckligtvis synas dessa planer redan vara i viss mån förebyggda, i det flera af de stora svenska vattenfallen dels ägas af staten, dels inköpts af svenska män eller bolag.

När en dylik ny, industriell rörelse begynner, måste man emellertid vara mycket försiktig gent emot mängden af uppdykande förslag, hvilka, om äfven riktiga när det gäller ett laboratoriiförsök, kunna blifva ekonomiskt olycksbringande, om de utföras i större skala. Det finnes massor af värdelösa patent, icke minst i fråga om elektriciteten, och man skyr icke ens rena bedrägerier. Såsom ett varnande exempel må anföras följande: I Tyskland uppträdde för några år sedan ett konsortium, som utbjöd ett elektriskt förfarande för raffinering af socker och medförde apparater som prof. Vid anställda försök visade sig också, att råsocker, som insläpptes i apparaten, efter mycket kort tid framkom i synnerligt rent tillstånd. Apparaternas inrättning skulle hållas hemlig, men då man var nog ohöflig att träda herrarne och deras apparat litet närmare inpå lifvet, så visade sig, att apparaten var försedd med en dubbelbotten och att redan före försökets anställande här doldes på vanligt sätt renadt socker. Detta alltför raffinerade förfarande bragte konsortiet inom lås och bom.

Det är endast ett fåtal elektrokemiska förfaranden, som ännu blifvit tillämpade i stor skala och därvid bestått profvet; hvad de öfriga beträffar skola vi i det följande söka framhålla dem, som synas hafva största utsikterna för framtiden.

Flera af de nya förfaringssätten höra till *elektrometallurgien*, hvilken afser metallers utbringande medelst elektrisk ström. Till följd af den stora betydelse, som denna industri nu har särskildt för vårt land, skola vi i det följande, så vidt utrymmet medgifver, ägna utförligare uppmärksamhet åt dessa metoder.

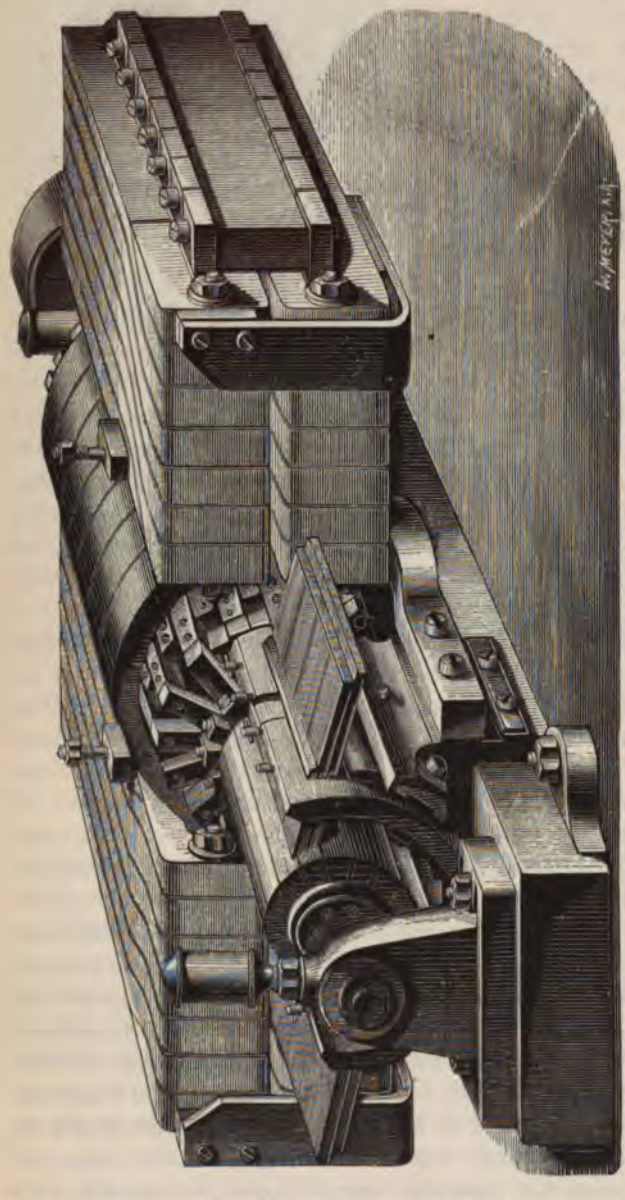


Fig. 455. Siemens & Halskes dynamomaskin för elektrolytisk kopparraffinering.

Lämpliga dynamomaskiner. I närmast föregående afdelning är redan omtaladt, att den spänning, man kan hafva att öfvervinna för elektrolytiska ändamål icke uppgår till mer än några få volt, hvadan ock de därför afsedda dynamomaskinerna byggas med ringa spänning men mycket stor strömstyrka. En dylik maskin, konstruerad af firman Siemens & Halske, afbildas i fig. 455. Den är i så måtto af intresse, som den, ehuru af jämförelsevis äldre typ (1878) och ringa styrka (c:a 6 hästkrafter), dock användts och än i dag användes för framställning af koppar vid det här nedan omnämnda raffineringsverket på Harz. I stället för trådlindning har truminduktorn ett lager af tjocka kopparstänger, inbördes isolerade genom mellanlägg af asbest; andra isoleringsämnen skulle förstöras genom den af strömmen utvecklade, starka hettan. Hvarfvens antal är blott 14. Kollektorn och borstarna äro af motsvarande groflek, såsom bilden angifver. Kring de fasta elektromagneterna ligger äfven ett lager grofva koppar-

stänger i sju hvarf å hvardera magneten. Maskinen lämnar en ström om 1,000 ampère vid en spänning af 3,5 volt.

Vill man begagna den elektriska strömmen icke blott såsom sönderdelningsmedel utan äfven som värmekälla, så måste man använda mycket starkare spänning, såsom vi redan sett och äfven framdeles skola få se vid flera elektrokemiska förfaranden.

Koppar. Ett af de problem, som hittills blifvit bäst lösta inom elektrometallurgien, är framställningen af kemiskt ren koppar ur den från hyttan levererade mer eller mindre förorenade kopparn. Den kemiskt rena kopparn är mycket värdefull för elektrotekniken på grund af sin stora elektriska ledningsförmåga, hvilken betydligt nedsättes äfven genom ringa mängder af föroreningar.

Redan på 1860-talet hade Elkington utarbetat ett sätt för elektrolytisk raffinering af koppar, men han kunde icke uppnå några ekonomiskt tillfredsställande resultat, emedan dåtidens svaga och ofullkomliga dynamomaskiner icke möjliggjorde någon fabriksdrift. Elkingtons metod hvilade emellertid på fullt riktiga teoretiska förutsättningar och kan anses som förebilden för den moderna kopparraffineringen. Enligt densamma användes råkoppar som anod, kopparsulfat (»kopparvitriol») blandad med svafvelsyra som elektrolyt och kemiskt ren koppar som katod. På katoden utfälles genom strömmen mera ren koppar, kopparsulfatets negativa ion angriper anoden, löser där ut kopparn och kvarlämnar föroreningarna. Då oafsedt dessa tillsatser katod och anod äro af samma metall samt ingen polarisation förekommer, fordrar kopparns öfverföring på detta sätt blott en mycket ringa elektromotorisk kraft, t. ex. $^1/_4$ volt. Förutom en mängd värdelösa metaller utgöras föroreningarna i kopparn af ädla metaller, hufvudsakligen silfver. Detta afskiljes i pulverform vid anoderna (»anodslam») och kan tillvaratagas; därigenom blir den elektrolytiska kopparraffineringen mycket fördelaktigare än förut brukliga metallurgiska metoder för sådant ändamål, och detta dels till följd af silfrets höga värde, dels emedan denna metall skadligt inverkar på kopparns egenskaper och endast med svårighet kan aflägsnas på annat sätt.

De öfriga föroreningarna, hvilka jämte silfret utgöra anodslammet, förorsaka däremot idel svårigheter, emedan de öka den erforderliga spänningen, grumla vätskan, neutralisera en del svafvelsyra samt småningom lösas och utfällas jämte kopparn. Därför användes numera till raffinering endast bästa raffinadkoppar med högst $^1/_2$ procent främmande ämnen.

En god omröring af elektrolyten är af stor vikt, emedan därigenom den utfällda metallen blir af mycket jämnare och bättre beskaffenhet. Äfvenså måste man tillse, att ett lagom stort öfverskott af fri svafvelsyra städse är för handen. Kiliani har fastställt dessa och andra villkor för en framgångsrik raffinering. Fig. 456 åskådliggör inrättningen af ett bad för raffinering af koppar enligt H. och K. Borchers' förfaringssätt.

Raffinadkopparn gjutes i plattor, hvilka upphängas som anoder (*a*), katoderna (*k*) bestå af tunna bleck af ren koppar. Kärlet (*H*) eller »tanken» är af hartsrikt furuträ samt fodrad med bly. På ett lågt träbord (*t*) hvilar en »tallrik» (*s*) af bly för uppsamlande af anodslammet. Till höger synes ett vidt blyrör (*b*), hvilket leder från vätskeytan till midt under slamtallriken. I detta blyrör är infördt ett glasrör (*g*), fasthållet af en propp och slutande i en fin spets. Genom detta

glasrör inblåses luft in i vätskepelaren i röret *b* och fördelas därvid till blåsor. Den sålunda luftbemängda vätskepelaren blir lättare och stiger uppåt i röret *b* samt rinner öfver dess kant och fördelar sig så på elektrolytens yta. Samtidigt suges ny vätska in genom rörets nedre mynning. På detta sätt åstadkommes en mycket lugn och jämn cirkulation, utan att anodslammet röres upp.

Siemens & Halske hafva funnit det mycket fördelaktigt att uppvärma baden. Därigenom undvikes, att vissa metaller (vismut och antimon) komma i lösningen. Vid den Borchers-Siemens'ka metoden kan man arbeta med tre gånger så stor strömtäthet (100 ampère på kvadratmetern), utan att den utfällda metallen visar några oarter. För att vinna samma mängd koppar kan man alltså minska elektrodernas yta, kopparsulfatlösningen, utrymmet o. s. v., med ett ord hela anläggningen, och följaktligen nedbringa kostnaden för baden till vid pass en tredjedel. Den härigenom vunna räntebesparingen blir rätt betydlig, ehuruväl badens uppvärmning i sin mån ökar driftkostnaderna.

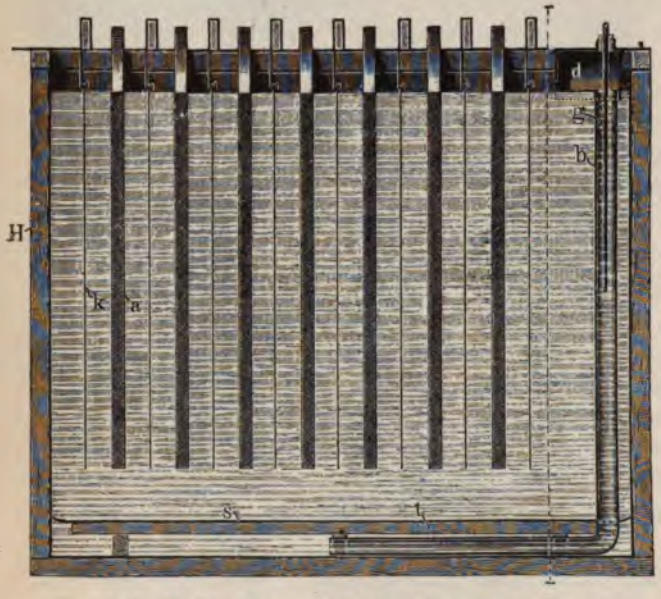


Fig. 456. Kilianis elektrolytiska bad för kopparraffinering.

Ett stort antal betydande raffineringsverk finnas i olika länder. Firman Siemens & Halske äger ett bekant raffineringsverk vid Oker på Harz, hvilket anlades 1878. Där användes (1884) den ofvan omnämnda maskinen, hvilken dref tolf bad efter hvarandra och utfällde 250 à 300 kg. koppar i dygnet. Som denna kvantitet var fördelad på en stor mängd katoder, så blef det dagliga kopparlagret på hvarje katod helt tunt, och det åtgick flera månader för att erhålla en platta af 1 cm. tjocklek. Samma firma äger kopparraffinerier i Kaukasus och Ural.

I Förenta staterna funnos år 1893 nio kopparraffinaderier, af hvilka *Boston, Montana Co* lämnar 720 tons ren koppar i månaden.

En fråga af mycket större betydelse än raffinering af koppar är emellertid kopparns utdragande direkt ur malmen genom elektrolys. De viktigaste kopparmalmerna, däribland de svenska, äro svafvelhaltiga, och det är ett mycket drygt och omständligt arbete att på vanligt sätt ur dem frambringa metallen. Man eftersträfvar därför med stor ifver att finna en elektrolytisk metod, som snabbare leder till målet. I det föregående är redan omtaladt, huru stora svårigheter främmande ämnen bereda vid raffineringen; problemet att medelst elektrolys utdraga koppar direkt ur malmen är därför ingalunda lätt att lösa och är i själfva verket ännu icke riktigt löst. Italienaren Marchese framställde på 1880-talet en metod för dess lösning. Malmen smältes och göts i skifvor, hvilka användes till anoder. Elektrolyten bereddes genom att utlaka

rostade malmer med vatten och svafvelsyra; den innehöll således kopparsulfat. Som anoder begagnades tunna kopparbleck, hvarå metallen utfälldes, medan den som anod tjänande malmen angreps. Härvid löstes, utom koppar, äfven järn. Fabriker anlades i Casarza vid Sestri-Levante å Rivieran (fig. 457) och vid Stolberg (Rhenprovinsen).

Marchese hade beräknat en vinst af 30,000 francs pr år på ett kapital af 40,000 francs, men resultatet motsvarade icke på långt när förväntningarna. Vid Stolbergfabriken gick allt bra till en början. Baden visade icke högre spänning än den förut beräknade (1 volt), och den utfällda kopparn var ren. Men redan efter få dagar började spänningen stiga och uppgick i vissa fall till 5 volt. Detta berodde på att massor af fritt svafvel afskildes vid anoden och hindrade lösningens tillträde till metallen. Vidare började anoderna spricka, stora stycken föllo ned och fyllde rummet mellan katod och anod, hvarpå strömmen tog denna lättare väg, och

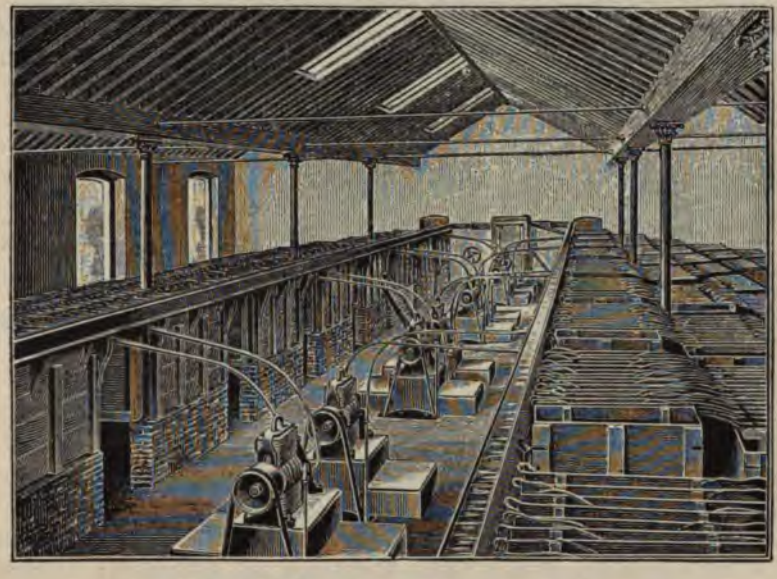


Fig. 457. Marcheses kopparraffineringsverk i Casarza.

elektrolysen afstannade. Man sökte på flera sätt råda bot för olägenheterna, men utan framgång.

Firman Siemens & Halske har uppfunnit en annan metod. Den använder icke malmen till anoder utan behandlar den i stället med en lösning af järnoxidsulfat. Härvid löses koppar till kopparsulfat, och järnoxidsulfat reduceras till oxidulsalt. Den så erhållna lösningen elektrolyseras, hvarvid koppar utfälles och järnoxidsulfat återbildas och användes å nyo. Anläggningar för detta system inrättas i Peña de Hierro i Spanien samt i Syd-Tyrolen.

Hoepfner använder en lösning af kopparklorid och koksalt för malmens extraktion; därvid löses koppar till lika stor mängd, som det förut fanns i luten, hvilket kommer sig däraf, att kopparklorur bildas, hvilken förening innehåller förhållandevis dubbelt så mycket koppar som kloriden. Kopparklorur-koksaltlösningen elektrolyseras antingen med diafragma, då koppar utfälles vid katoden, under det att kloren går

till anoden, hvarigenom den kring anoden befintliga kopparkloruren å nyo öfverföres till klorid; eller, enligt Cohens sinnrika förslag, utan diafragma. Cohens metod hvilar på den omständigheten, att kopparkloridlösning är tyngre än klorurlösning. I tekniken har detta förslag ännu ej tillämpats.

Aluminium. Den numera allmänt bekanta metallen aluminium har flera värdefulla egenskaper. Den har en vacker, blåhvit färg, är nära tre gånger lättare än järn och nästan oföränderlig i luft och vatten. Den förekommer mycket allmänt i naturen; bland annat utgör dess förening med syre, lerjorden, en hufvudbeståndsdel i alla slag af lera och fältspat. Dessa förhållanden hafva under ett halft århundrade eggat vetenskapsmän och tekniker till ansträngningar att finna ett billigt sätt för framställning af denna metall, hvilken i många fall kunde ersätta koppar och järn och äfven erhållit namnet »framtidens metall». Det är emellertid först med den elektriska strömmens hjälp, som man lyckats komma målet ganska nära; framställningen af aluminium räknas också till elektrometallurgiens viktigaste

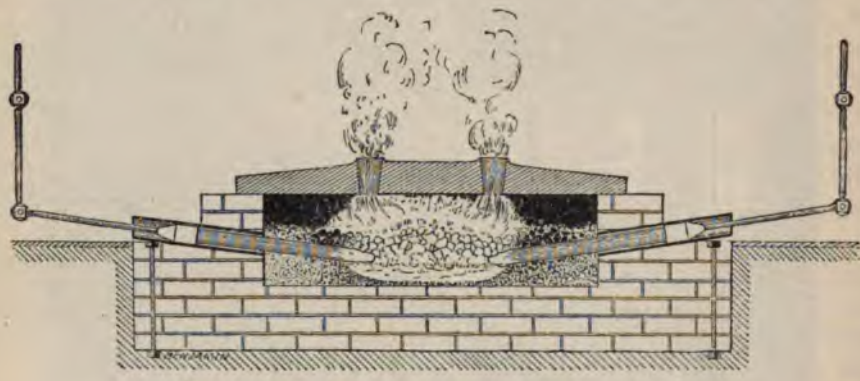


Fig. 458. Cowles elektriska ugn för framställning af aluminium.

resultat. Aluminium framställdes först af Wöhler (1827) genom inverkan af metallen kalium på kloraluminium, hvarvid bildas klorkalium och aluminium; metallen erhölls likväl endast i form af ett grått pulver. På 1840-talet arbetade Deville efter samma rent kemiska princip men använde därvid den mindre dyrbara metallen natrium i stället för kalium. Deville understöddes furstligt af Napoleon III, och i Frankrike anlades tvenne fabriker, hvilka under många år innehade monopol på framställning af aluminium. Tydligt är, att aluminium enligt denna metod alltid måste blifva ganska dyrbart, enär äfven natrium ingalunda är en billig metall.

Sedan man började taga elektriciteten till hjälp, uppnåddes slutligen resultat, som ställa de rent kemiska metoderna i skuggan. Till en början begagnade man dock icke strömmens förmåga att sönderdela kemiska föreningar utan använde i stället den däraf alstrade värmeutvecklingen uti en ledare. Som vi redan veta, växer upphettningen med motståndet och strömstyrkan, och genom att öka den sistnämnda kan man åstadkomma högre värmegrader än på något annat sätt. I det föregående är äfven framhållet, att den elektriska strömmens användande för uppvärmning i allmänhet icke är ekonomiskt förmånligt. Man har emellertid ingen annan utväg, när det gäller värmegrader, som icke på annat sätt kunna uppnås. Och detta är just

händelsen, om man vill framställa aluminium ur dess oxid genom inverkan af kol, som skall borttaga syret ur oxiden; detta lyckas nämligen icke alls vid de temperaturer, som kunna uppnås genom förbränning af kol eller gas.

Till en början gick man härvid till väga på följande sätt. I en täckt degel blandades kol och lerjord (den allmänna benämningen på aluminiumoxid); man insatte tvenne kolstafvar som strömledare i blandningen och lät en stark ström gå därigenom. Metallen reducerades då, men den befanns vara förorenad af kol och därigenom nästan alldeles oanvändbar. Dessutom förgasades ej så litet af metallen under upphettningen. Detta sätt var således icke praktiskt. Då kommo tvenne amerikaner, bröderna Cowles, på den onekligen sinnrika idéen att till blandningen af kol och lerjord sätta en annan metall, järn eller koppar, hvilken skulle legera sig med aluminium, i samma ögonblick som den frigjordes från syret. De använde för detta ändamål en *elektrisk*

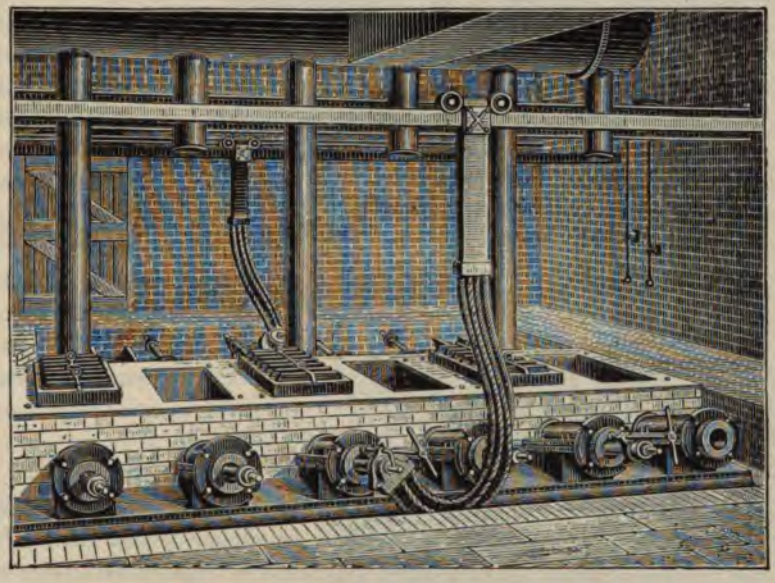


Fig. 459. Aluminiumsmältugnar enligt bröderna Cowles system.

smältugn af rektangulär form (fig. 458) och byggd af eldfast tegel. Den »beskickas» med en blandning af lerjord, granulerad koppar och kol. På hvardera sidan leder ett lutande rör in till ugnen. I dessa rör inskjutas grofva kolstafvar eller knippen af dylika, antingen så att de beröra hvarandra, eller ock så att ledningen mellan deras ändar utgöres af bitar af retortkol. Till följd af det stora motståndet i detta mellanlager upphettas det vid strömmens genomgång så starkt, att kolet reducerar metallen, hvilken genast legeras med den smälta kopparn och bildar *aluminiumbrons*. Ugnen täckes med ett lock af gjutjärn, hvari finnas hål för gasernas bortgång (kolsyra, koloxid). Den erforderliga strömmen har en styrka af 5,000 amp. och lämnas af en dynamomaskin om 600 hästkrafter. Efter en till två timmar är reduktionen färdig, och legeringen aftappas genom ett utslagshål. För att emellertid icke behöfva göra ett uppehåll i fabrikationen, medan ugnen först svalnar, sedan tömmes och å nyo påfylles, användas flera ugnar bredvid hvarandra såsom fig. 459 utvisar. Medan reduktionen äger rum i en ugn, ställes den nästa i ordning. Strömmen inledes i rummet

genom tvenne grofva kopparstänger, långs hvilka löpa två kopparstycken, som i andra änden uppbära kablar af böjlig koppartråd, hvilka alltså kunna flyttas från den ena ugnen till den andra.

Aluminiumbrons är mycket motståndskraftig mot syror o. d. samt särdeles seg och fast och har funnit mycken användning. Den kan gjutas, bearbetas med verktyg och lödas. Vid en halt af 5 % aluminium är denna legering guldfärgad, vid högre halt ljusare. Vid 10 procent aluminiumhalt är den hårdare än gjutstål, och till och med vid lägre aluminiumhalt öfverträffar den alla andra hittills förekommande bronser och legeringar. I en sådan fabrik med två ugnar kunna dagligen 750—1,000 kg. ferroaluminium eller aluminiumbrons med 15—17 % aluminium framställas; bronsen omsmältes med koppar, så att en lagom aluminiumhalt ($1^1/_4$—10 %) ernås.

Den i början så mycket lofvande tillverkningsmetoden befanns emellertid, i stort tillämpad, icke gifva goda ekonomiska resultat. Den af »Cowles Electric Smelting & Aluminium Co.» anlagda stora fabriken i Lockport måste slutligen nedlägga sin verksamhet. Om ock detta tillverkningssätt därför icke längre kan anses hafva någon industriell betydelse, så har det likväl sitt stora intresse ur elektroteknisk synpunkt, emedan elektrisk upphettning därvid för första gången i större skala kommit till användande för metallurgiskt ändamål och detta användande likväl måhända kan bringa goda frukter i framtiden.

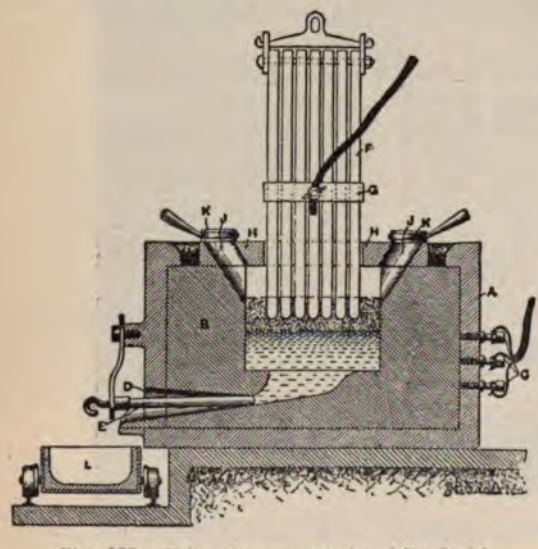


Fig. 460. Héroults apparat för elektrolytisk framställning af aluminium.

Nu återstod således att söka på billigt och lönande sätt framställa aluminium genom elektrolys, d. v. s. genom begagnande af den elektriska strömmens förmåga att sönderdela kemiska föreningar. Vi anmärka då genast, att detta icke går för sig genom att elektrolysera en vattenlösning af något metallens salt. På sådant sätt får man endast aluminiumhydrat, det vill säga en kropp, som bildats af aluminium och vatten, därigenom att metallen utträngt hälften af vattnets väte samt förenat sig med den återstående delen af vattnet. Den enda utvägen är att elektrolysera smältande aluminiumsalter, och det är på denna väg målet nås, ehuru det visserligen ännu finnes många stötestenar.

Till en början må anmärkas, att man icke kan använda enbart kloraluminium, emedan detta salt vid upphettning förflyktigas utan att smälta; det kan dock förena sig med koksalt (klornatrium) till ett dubbelsalt, som vid upphettningen smälter och hvarur metallen kan frigöras.

Men då visar sig en ny svårighet: om detta dubbelsalt eller något annat, som kan komma i fråga, t. ex. fluoraluminium-fluornatrium, upphettas öfver en eld i en degel af eldfast lera, så angripes snart degeln och förstöres. Grafitdeglar åter äro för porösa, porslin blir för bräckligt och för dyrt, och någon metall, som är tillräckligt

eldfast utan att angripas af smältan eller legeras med aluminium, finnes ej. Därför får icke elektrolyseringskärlet upphettas utifrån. Vidare är det en stor svårighet att finna en lämplig katod; kol duger icke, ty den utreducerade metallen suges in i kolet, splittrar och liksom smälter detsamma. Efter talrika, dyrköpta erfarenheter närmade man sig emellertid målet.

Eftersom elektrolyten icke fick smältas genom upphettning utifrån, så återstod endast att upphetta den genom strömmen själf; för detta ändamål måste den på ytenheten af badets och katodernas genomskärning kommande strömstyrkan, d. v. s. strömtätheten, vara mycket stor. Man tillgodogör sig sålunda både strömmens värmealstrande och dess sönderdelande förmåga. Uppfinnaren af denna metod är fransmannen Héroult, och den har kommit till användande bland annat vid den stora aluminiumfabriken i Neuhausen (Schweiz). Den af honom patenterade apparaten åskådliggöres af fig. 460.

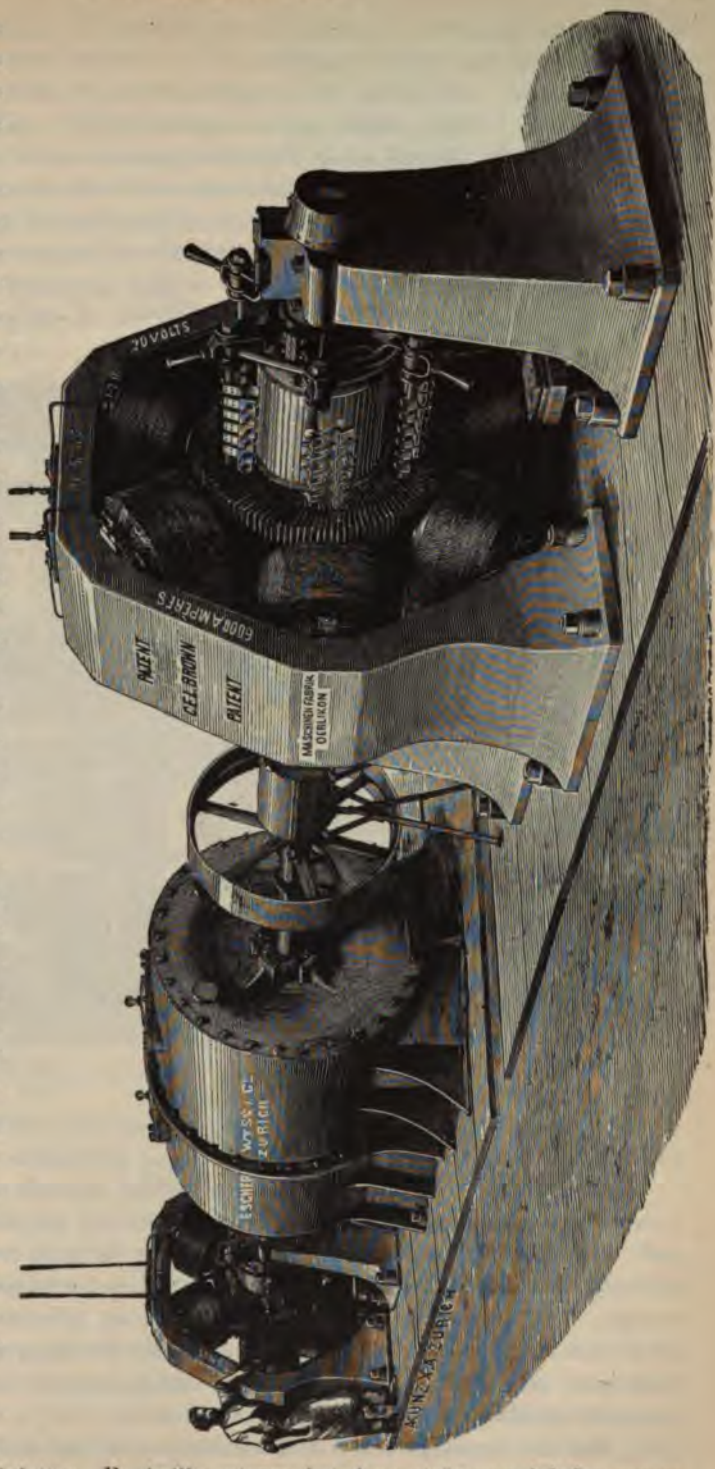


Fig. 461. Det äldre maskineriet uti aluminiumfabriken vid Neuhausen.

Järnlådan *A* är invändigt försedd med en tjock beklädnad af kolplattor *B*, hvilka utgöra katoden; strömmen inledes genom klämskrufvarna *C*. I kolplattornas midt är smältrummet urtaget, beskickningen in-

lägges genom kanalerna *I*, som täckas af plattorna *K*. Anoden utgöres af ett knippe kolstafvar *F*, hvilka genom metallstycket *G* förenas med sin kabel. Anoden kan höjas och sänkas. Vid *D* är ett utslagshål för den utreducerade metallen, som samlas i »skänken» *L*. Ugnen täckes genom grafitlocket *H*. Anoden förbrännes så småningom genom det afskilda syret; förbränningsgaserna hafva sitt aflopp genom *I*.

För att åstadkomma erforderlig hetta måste strömmen hafva en styrka af 13,000 ampère och en spänning af 12—15 volt. Denna apparat var egentligen afsedd för framställning af aluminiumbrons; framställandet af ren metall hindrades alltjämt af kolkatoderna. Ren metall kan emellertid erhållas genom att använda katoder af stål eller annan lämplig metall, hvilka göras ihåliga, så att kallt vatten kan strömma

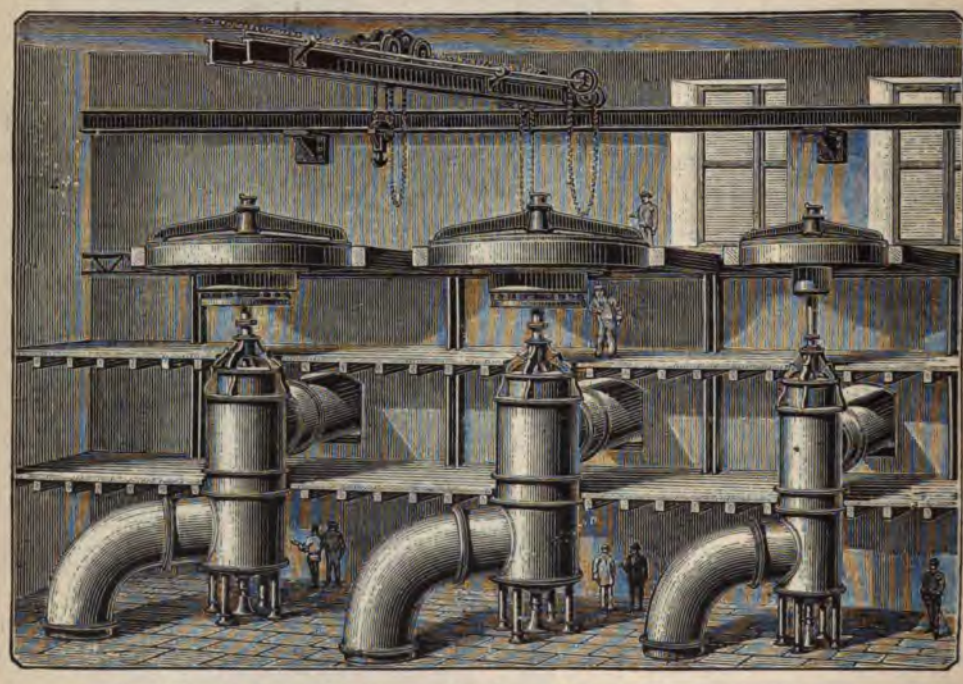


Fig. 462. Det nya turbindynamomaskineriet i aluminiumfabriken vid Neuhausen.

in uti dem och hindra dem att smälta. För att helt och hållet undvika metallens beröring med kol kunna elektrolyskärlets väggar beklädas med lerjord.

De närmare detaljerna liksom öfver hufvud taget de verkligen använda apparaterna hemlighållas af fabrikerna. Såsom elektrolyt användes en blandning af lerjord och mineralet kryolit eller fluoraluminium förenadt med fluornatrium. Under elektrolysen afskiljes aluminium och syre; det är således faktiskt lerjorden som elektrolyseras. Man kan därför bibehålla elektrolyten vid konstant sammansättning genom att då och då tillsätta ny lerjord. Kryoliten är egentligen att betrakta som ett lösningsmedel för lerjorden. Äfven andra aluminiumsalter äro användbara. Lerjord ensamt är ej lämplig, emedan den är så svårsmält.

Man har föreslagit att ersätta aluminiumoxid med svafvelaluminium, och detta kan möjligen blifva af stor betydelse; såsom lösningsmedel skulle användas alkalimetallernas klorider i smält tillstånd. Fördelarna skulle vara, att hvarken kolano-

derna, ej heller ett med kol beklädt kärl skulle angripas af den smälta massan, hvarför man kunde upphetta elektrolyten utifrån. Tills vidare strandar emellertid detta förslag på svårigheten att framställa rent svafvelaluminium till billigt pris.

Den största aluminiumfabrik, som hittills satts i gång, äges af »Aluminum-Industrie-Aktien-Gesellschaft», ett bolag med 10 mill. francs kapital. Dess chef var den nyligen aflidne dr Kiliani. Fabriken tager sin drifkraft ur det bekanta Rhenfallet vid Neuhausen, ej långt från Schaffhausen. Afsikten var först att ur fallet taga 15,000 hästkrafter, men detta mötte för starkt motstånd från dem, som ville bevara fallets skönhet. Just härigenom föranleddes bolaget att köpa Héroults patent, hvilket medgaf arbete med mindre arbetskraft. I hvad mån de verkligen använda apparaterna skilja sig från den ofvan beskrifna patenterade ugnen är icke bekant. I början af år 1890 var hela fabriken färdig. Maskinanläggningen består dels af två äldre maskiner, dels af nyare. Fig. 461 visar det äldre maskineriet med direkt påkopplad horisontalturbin. Dynamomaskinerna äro tillverkade af Oerlikonfabriken efter Browns system, sexpoliga och lämna vid 180 hvarf i minuten en ström af 6,000 ampère och 15—20 volt.

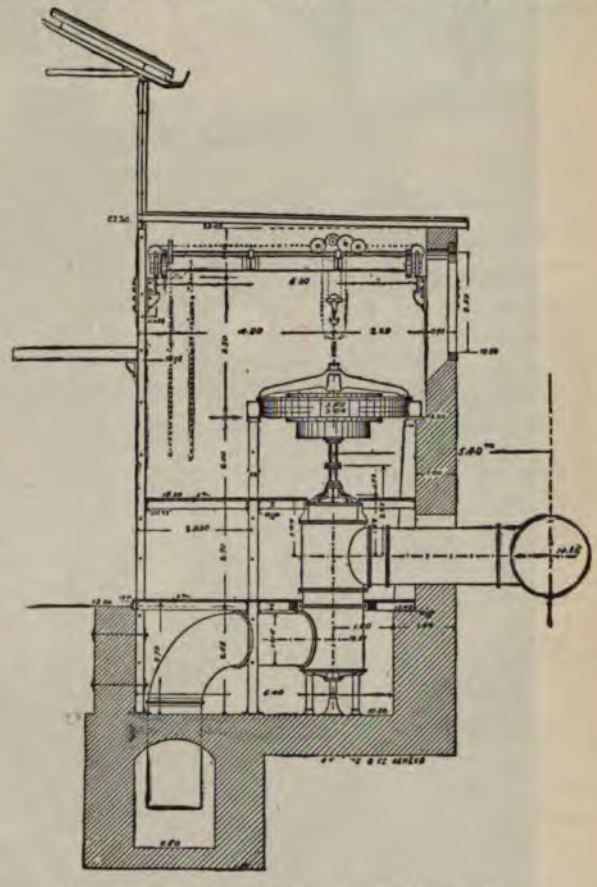


Fig. 463. Turbin med dynamo i Neuhausenfabriken; genomskärning.

För att i möjligaste mån bespara utrymme användes vid nyanläggningen vertikala turbiner med dynamomaskinerna rätt öfver turbinerna, å hvilkas axel induktorn anbringades horisontellt. Denna något ovanliga anordning hade dittills aldrig användts vid så stora maskiner som de nu ifrågavarande. Genom dessa kombinationer vann man emellertid den stora fördelen, att det nya dynamohuset för 1,500 hästkrafter icke behöfde byggas längre än det gamla för blott 300 hkr. Fig. 462 visar, att anläggningen i stället upptager tre våningars höjd: i den nedersta ligga afloppstrummorna, i den andra stå turbinerna, i den tredje dynamomaskinerna. För att minska det starka trycket på den tapp, som uppbär icke blott turbinen utan äfven dynamomaskinen, har man måst anbringa en ganska sinnrik och verksam motviktsinrättning, som kan på ett enkelt sätt regleras, såsom fig. 463 visar. Två af turbinerna äro hvardera för 600 hkr., den tredje för 300 hkr.; vattnet tillströmmar genom ett plåtrör

af 2,5 m. diameter, hvilket är tillräckligt för att tillföra dem 10 kbm. i sekunden; tre andra turbiner få den andra hälften af vattenkraften. De stora turbinerna hafva en omloppshastighet af 225, den mindre 350 slag i minuten. Dynamomaskinerna äro 24-poliga. Magnetkransens jättelika dimensioner synas af fig. 464. Den är gjuten vid Oerlikon i ett enda stycke och har en yttre diameter af 3,6 meter samt

Fig. 464. Magnetkransen till de stora dynamomaskinerna i Neuhausenfabriken.

en vikt af 12 tons, koppartråden oberäknad. Kollektorns diameter är 1,8 meter. Strömstyrkan utgör icke mindre än 7,000 ampère.

Stora aluminiumfabriker, försedda med vattenkraft, finnas äfven i Frankrike, Storbritannien och Förenta staterna, där en del af Niagarafallets vattenkraft begagnas härför. I Norge hafva utländska kapitalister inköpt stora vattenfall för aluminiumtillverkning, nämligen vid *Odde* (Hardanger) och *Hafslund* nära Sarpsborg. Alumi-

nium, framställdt efter Devilles rent kemiska metod, kostade år 1856 1,200 francs pr kilo; priset sjönk sedan till 300 francs och därunder men var dock fortfarande alldeles för högt för att tillåta metallens användande i större skala. Efter den elektrolytiska metodens införande sjönk priset hastigt till det nuvarande, 3 till 4 kr. pr kilo, och därmed blef en vidsträckt användning af denna metall möjlig. Den användes nu, förutom till prydnader och lyxartiklar, äfven till hvarjehanda husgeråd, såsom kokkärl, i synnerhet för trupper, till konstalster, till instrument samt till legeringar. Till maskindelar är den icke användbar på grund af sin ringa fasthet, och man har ännu icke lyckats genom lämpliga tillsatser afhjälpa denna svaghet. Små båtar ha äfven byggts af aluminium.

Magnesium och natrium. Om alkalimetallernas och de alkaliska jordartmetallernas salter i smält tillstånd elektrolyseras, så afskiljas metallerna vid katoden. Det var på detta sätt som Davy år 1808 framställde kalium och natrium. År 1851 lyckades Bunsen på samma sätt sönderdela klormagnesium i metall och klorgas, och detta förfaringssätt tillämpas nu tekniskt af aluminium- och magnesiumfabriken *Hemelingen* nära Bremen med användande af apparater enligt fig. 465.

Gjutstålsdegeln A, innehållande klormagnesium, upphettas på en härd, till dess saltet smälter. Degeln själf tjänstgör som katod; i dess lock är insatt en cylinder G af eldfast lera, hvilken omsluter kolanoden. Cylindern har ett lock med afloppsrör $p'p$ för klorgasen samt nedtill en genomhålad botten. Strömmens spänning är 6—8 volt, och man räknar 40—45 gram magnesium för hvarje hästkraftstimme. Magnesium förbrinner med ett utomordentligt starkt sken och användes därför mycket inom fyrverkeri- och fotografikonsten. Den på elektrolytisk väg framställda metallen synes småningom undantränga det engelska fabrikatet, hvilket framställes på rent kemisk väg genom inverkan af natrium på klormagnesium.

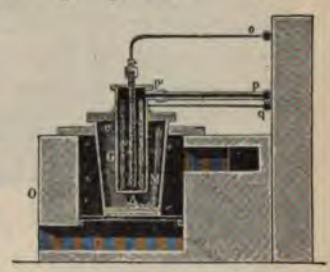


Fig. 465. Apparat för elektrolytisk framställning af magnesium.

Natrium har länge framställts på rent kemisk väg genom att till hvitglödgning upphetta en blandning af soda (kolsyradt natron) och kol, hvarvid metallen frigöres, förflyktigas och uppsamlas i förlag, innehållande petroleum. Man har gjort talrika försök att framställa natrium genom elektrolys men därvid mött stora svårigheter genom metallens häftiga inverkan på kärl af olika material.

Castner har infört elektrolys af smält natriumhydrat (natron), hvarvid natrium och vätgas erhållas vid katoden och syre vid anoden. Natriumhydrat är visserligen ett mycket dyrbart material, jämfördt med t. ex. klornatrium (koksalt), men detta tyckes uppvägas af fördelen att undgå klorutvecklingen. Hans apparat, hvarmed för närvarande stora mängder natrium fabriceras, är konstruerad på följande sätt (fig. 466).

Natronet smältes i ett järnkärl, genom hvars botten katoden H är införd. För att fästa katoden samt täta apparaten fylles dess nedre, trängre del samt röret B först med smält natron K, hvilket snart stelnar. Natronet E hålles däremot smält genom värmen från gasbrännaren G. I den smälta massan neddoppas anoden F, hvilken här kan bestå af metall. Mellan H och F hänger en cylinder M af metalltrådsnät, hvilken tjänstgör som diafragma. Till detta nät sluter sig upptill kärlet C,

hvari väte och natrium (*D*) samlas, skilda från syret, hvilket bortgår genom öppningen *P* i locket. Röret *C* slutes af locket *N*, hvilket ligger så lätt på, att det icke hindrar vätgasens bortgång. Metallen uttages medelst genomhålade skedar, på hvilka den, till följd af sin starka ytspänning, blir liggande som kvicksilfver, hvaremot det smälta natronet rinner tillbaka. Asbestplattorna *S* isolera apparatens olika delar från hvarandra. *I* och *L* beteckna strömledningarna.

Natrium användes för närvarande till framställning af kemiskt rent natriumhydrat, till reduktion inom anilinfärgtillverkningen, till utreducering af andra metaller och i nyaste tid äfven till framställning af natriumsuperoxid och cyannatrium.

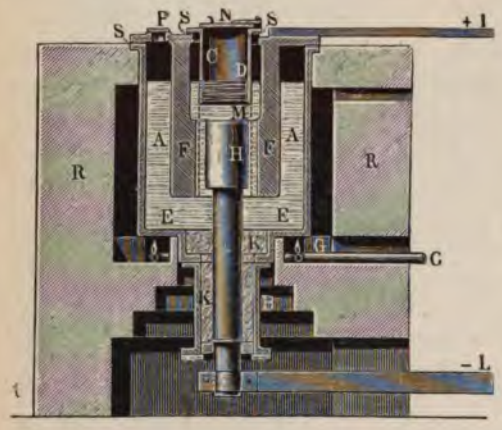


Fig. 466. Apparat för elektrolytisk framställning af natrium.

Silfver och guld. Silfrets utdragande direkt ur malmen medelst elektrolys har ännu icke vunnit någon praktisk betydelse. Däremot är raffinering af guldhaltigt silfver redan en viktig teknisk process. Det guldhaltiga silfret gjutes i plattor, hvilka tjäna som anoder; elektrolyten utgöres af en surgjord lösning af silfvernitrat (»lapis») och katoderna af bleck af rent silfver. Silfret öfverföres från anoden till katoden, under det att guldet kvarstannar olöst vid anoden. Som silfret lätt kan omsmältas utan förlust, så ligger det ingen vikt på om utfällningen sker i form af sammanhängande plattor, utan det är lika bra att få det i form af lösa kristaller eller pulver. Detta gör, att man kan arbeta med hög strömtäthet och sålunda fort, hvilket är af stor vikt, när det är fråga om en så dyrbar metall, som ju icke är räntebärande, så länge den är inne i arbetet.

Guld kan utdragas enligt flera elektrolytiska metoder. Man kan förfara såsom vid raffinering af silfver, d. v. s. använda en elektrolyt, hvars anion angriper de främmande metallerna men kvarlämnar guldet. Eller ock kan man använda en klorid eller cyankalium som elektrolyt, då kloren eller cyanen löser guldet, som sedan får på nytt utfällas ur lösningen.

Ett särskildt intresse väcker ett nyligen af firman Siemens & Halske uppfunnet sätt att tillvarataga guld, äfven när det förekommer i mycket små mängder. Metoden lämpar sig för fattiga malmer eller för de rester, som återstå, sedan malmerna behandlats med kvicksilfver för guldets utdragande (amalgamering). Materialet måste vara mycket fint fördeladt, hvilket just är fallet med amalgameringsresterna, de s. k. »tailings». Dessa tailings behandlas med mycket utspädd lösning af cyankalium (0,01—0,08 %), hvilket har förmågan att vid lufttillträde lösa guld. Man erhåller sålunda en lösning med ungefär 8 gram guld pr kubikmeter. Denna del af processen är således rent kemisk. Guldet utfälles ur lösningen på elektrolytisk väg.

Cyankaliumlösningen hälles i stora cisterner; däri nedsättes ett system af anoder af järnbleck och katoder af tunn blyplåt, spända i träramar, med ett afstånd af endast 3 centimeter mellan plåtarna. För att åstadkomma god cirkulation af vät-

skan når t. ex. den första elektroden ned till kärlets botten men ej fullt upp till vätskeytan, hvaremot den nästa når något öfver ytan men ej ner till bottnen o. s. v. Lösningen, som nedrinner från en högre belägen reservoar, tvingas alltså att oupphörligt stiga upp och ned i badet. Strömtätheten utgör ungefär 60 ampère pr kvadratmeter och spänningen 4 volt. Cisternerna äro täckta med lock. En gång i månaden upptagas blyplattorna; däråa har då afsatt sig ett guldlager, utgörande 2—12 % af plattornas vikt. Plattorna nedsmältas, och blyet »afdrifves», d. v. s. man smälter metallblandningen i en luftström på en härd, beklädd med märgel, då blyet syrsättes och den lättsmälta blyoxiden suges upp af den porösa märgeln, hvarefter guldet återstår. Cyankaliumlösningen förstöres delvis genom luftens inverkan, hvarför nytt cyankalium då och då tillsättes.

Siemens & Halske har inrättat en anläggning af denna art vid *Rand Central Reduction Co:s* verk i Worcester, Transvaal (Sydafrika). Där bearbetas under hvarje månad 3,000 tons tailings med ungefär 8 gram guld pr ton. Häraf kan man utdraga 70 % eller 16 kg pr månad. Härvid förbrukas 340 kg bly och lika mycket cyankalium. Arbetspersonalen utgöres af 2 hvita och 5 infödingar. Bruttoinkomsten eller guldets värde utgör 33,000 kr. per månad. Trots betydliga afskrifningar kunde bolaget redan första året utdela 25 %.

Fig. 467.
de Lavals elektriska masugn för järnsmältning.

Järn. Järnets utdragande ur malmen med hjälp af elektricitet kan tänkas ske på två sätt, antingen så att man använder elektriciteten endast för att alstra värme eller äfven afser att åstadkomma en elektrolys. I förra fallet skulle man således använda en blandning af järnmalm och kol, i det senare skulle järnmalmen ensamt vara nog. Det finansiella resultatet af ett dylikt förfarande beror i högsta grad på de lokala förhållandena. I de utländska centra för järntillverkningen, där stenkol finnes på nära håll, t. ex. i England, och där i de nu brukliga masugnarna värmet i allmänhet väl tillgodogöres, lära inga utsikter finnas för elektricitetens användning för nämnda ändamål. Annorlunda synes saken ställa sig i ett land sådant som Sverige, där dyrbart träkol måste användas men där man i stället har tillgång till mycken vattenkraft för elektricitetens frambringande.

Som bekant har också under namn af de Lavals *elektriska smältugn* i vårt land bildats ett mycket kapitalstarkt bolag, hvilket uppgifves bl. a. ämna med elektricitetens hjälp utdraga järn ur malmerna. En af dr de Laval för sådant ändamål konstruerad ugn afbildas i fig. 467. Järnmalmen skulle rostas med vanliga reduktionsmedel, dock utan att själfva metallen smältes. Smältningen, hvilken skulle göra vidare förädling af järnet öfverflödig, utföres i en schaktugn, af hvilken bilden visar ett genomsnitt. Den nedre delen af ugnen (»stället») delas af en brygga C i två smala rum; inuti bryggan finnes ett kylrör C', och elektroderna D och E ligga i de smala rummen. Genom öppningen B ingjutes först den smälta elektrolyten (malmen) I, under det att en stark elektrisk ström ledes till och från D och E. Till följd af dess stora motstånd bibehålles elektrolyten flytande genom strömvärmet. För att förebygga sönderdelning användas växelströmmar. Om metall nu införes

genom *B*, så smältes den, sjunker genom elektrolyten, renas därvid genom inverkan af malmen-elektrolytens syre och samlas i polrummen, tills den nått en viss höjd, då den aftappas genom *F* och *G*. Elektrolyten hålles på lagom höjd genom röret *H*.

Öfriga metaller. Till ofvanstående redogörelse för de viktigaste elektrometallurgiska förfaringssätten må fogas några meddelanden i fråga om öfriga metaller.

Antimon, framställd på elektrolytisk väg, har nyligen bragts i handeln af firman Siemens & Halskes afdelning i Wien. Den förekommer i form af 2 mm. tjocka, något böjda plattor, glatta på ena sidan men knöliga eller streckade på den andra; den är mycket ren. Elektrolyt-*nickel* har likaledes helt nyligen börjat tillverkas af Orford Copper Co. (Constable Hook, New Jersey, Förenta staterna). Metallen utmärker sig genom stor sträckbarhet och fasthet och lämnar i afseende på renhet föga öfrigt att önska. Frågan att elektrolytiskt framställa *zink* erbjuder stort intresse, emedan den gamla metoden har mycket stora brister. Ehuru det befunnits vara mycket svårt att elektrolytiskt framställa metallen i sammanhängande plattor, direkt användbara för valsning af zinkplåt, synes problemet likväl nu vara i det närmaste löst. En fabrik i Duisburg har i år börjat sådan tillverkning i stor skala.

Elektrolytisk bearbetning af *förtent järnbleck* är af stor vikt och numera lyckligen utförd. Förtent järnbleck, som beredes helt enkelt genom att doppa järnplåt i smält tenn, innehåller i genomsnitt 5 % tenn. Vid arbetet i blecksla gerierna erhålles en mängd hittills värdelöst affall. Nu kan man likväl ur dessa affallsmassor medelst elektrolys afskilja det ingalunda billiga tennet och äfven järnet, så att de båda metallerna kunna å nyo användas hvar för sig.

Enligt Siemens & Halskes metod nedlägges det förtenta järnblecket såsom anod i stora träkorgar, hvilka nedsättas i utspädd svafvelsyra; katoden utgöres af förtent kopparbleck. Tennet går öfver till katoden; samtidigt löses dock en del järn. Borchers vill som elektrolyt hellre använda natronlut, hvilken icke angriper järnet. I Tyskland finnas flera stora fabriker, hvilka så fullständigt borttaga tennet, att det kvarvarande rena järnet gärna köpes af Martinverk för stålberedning. Tennet säljes antingen som metall eller som tennsalt.

C. Öfriga elektrokemiska industrier.

Alkali- och klorindustri. Elektrolys af klornatrium. — Natron och klor. — Blekning och desinfektion. — Kaliumklorat. — Karbider. Kalciumkarbid och acetylen. Karborund. — Väte, syre och ozon. Färgindustri och garfning.

Elektrolys af klornatrium. Det är icke mindre än tre viktiga industrigrenar, nämligen fabrikationen af natron och klor, blekning samt kaliumklorattillverkningen, öfver hvilka elektrokemien för närvarande håller på att vinna herravälde. Dessa industrigrenar hafva visserligen redan förut stått i ganska nära samband med hvarandra, men då nu de rent kemiska metoderna äro på väg att utbytas mot elektrolytiska förfaringssätt, så visa de sig verkligen som grenar af ett och samma träd; ty grundvalen för dem alla tre är elektrolys af alkaliklorider, d. v. s. klornatrium och klorkalium. Det torde därför icke vara ur vägen att först lämna en öfversikt af förloppet vid elektrolys af alkaliklorider, ty däraf framgår, huru man genom att på lämpligt sätt leda denna elektrolys kan efter behag erhålla natron och klor, blekvätska eller kaliumklorat. Om vi uti hela denna framställning nödgas i vidsträcktare mån begagna vetenskapliga benämningar och uttryck, så ligger detta i sakens natur och kan därför icke undvikas.

Man häller en vattenlösning af klornatrium, d. v. s. vanligt koksalt, i ett glas, insätter tvenne platinableck som elektroder och leder en ström därigenom vid vanlig rumstemperatur. Saltets bägge ioner gå då, såsom lätt inses, åt hvar sitt håll; nämligen kloren till anoden, där den afskiljes som en gröngul gas, och natrium till katoden. Där inverkar denna metall på vattnet så, att hälften af vätet utdrifves och bortgår som en färglös gas, under det att natrium intager dess plats, hvarvid bildas en förening af natrium, syre och väte, som kallas natriumhydrat eller natron. Detta stannar löst i vattnet och meddelar åt detsamma frätande egenskaper samt en lutaktig smak. Afdunstas vattenlösningen öfver eld, så kan man till sist erhålla natriumhydratet i fast form som ett hvitt frätande ämne, hvilket utomordentligt lätt löses i vatten och i fuktig luft suger till sig vatten och flyter sönder. Då man sålunda till en början får klor, natron och vätgas, inses lätt, huru den första af de tre industrierna kan bedrifvas på elektrolytisk väg.

Fortsättes elektrolysen, så inträffar en ny kemisk förändring. Den vid anoden afskilda klorgasen löses till stor del i vätskan, sprides därefter småningom till vätskans alla delar och träffar till sist på det vid katoden afskilda natronet, som också under tiden spridt sig. Men natron och klor inverka på hvarandra på det sätt, att vätet i natronet förenar sig med en del klor till saltsyra, som neutraliseras

af mera natronlut, under det att en annan del klor intager vätets plats. Den så uppkomna föreningen, hvilken alltså består af natrium, syre och klor, kallas natriumhypoklorit eller underklorsyrligt natron; det stannar löst i vätskan. Detta salt har stor förmåga att bleka t. ex. tyger eller trämassa, ty det afgifvar lätt sitt syre, som förstör färgen, medan saltet åter öfvergår till klornatrium eller koksalt. Det underklorsyrliga natronets lösning i vatten är således en blekvätska.

Emellertid uppkommer snart en tredje produkt i saltlösningen. Det först bildade natriumhydratet, som ju består af natrium, syre och väte, deltager själft i elektricitetens öfverförande, och genom inverkan af dess joner afskiljes vid katoden mera väte och vid anoden syre. Detta syre inverkar på underklorsyrligt natron, så att detta upptager dubbelt så mycket syre, som det hade förut, och därigenom öfvergår till natriumklorat, äfven kalladt klorsyradt natron; dess bildande befrämjas genom lösningens uppvärmning. Användes till elektrolysen klorkalium i stället för koksalt, så fås klorsyradt kali, ett vackert kristalliseradt, i vatten jämförelsevis svårlösligt hvitt salt, som på grund af sin stora syrehalt med brännbara ämnen bildar explosiva blandningar och därför mycket användes vid tillverkning af tändstickor samt hvarjehanda tändsatser för miltära ändamål, fyrverkeripjeser, minsprängning o. d.

Vi hafva nu sett, huru alla tre de nämnda produkterna, natron med klor, blekvätska samt klorsyradt salt, uppkomma vid elektrolys af alkaliklorider, och äfven fått några antydningar om, hvilka omständigheter som befrämja bildningen af det ena eller det andra ämnet. Vi hafva t. ex. sett, att uppvärmning befordrar uppkomsten af klorat. Samma inverkan har en tillsats af natron före elektrolysens början; ur den då alkaliska lösningen utvecklas genast syre, hvilket ju befrämjar kloratbildningen. En sak af vikt är vidare, att strömtätheten väl afpassas efter ändamålet. Är den liten vid anoden, så utvecklas där mera syre, och kloratbildningen ökas. Är åter strömtätheten vid katoden liten, så bildas mera hypoklorit. Att så leda elektrolysen, att endast det af de tre ämnena uppkommer, som man just för tillfället önskar framställa, är det tekniska problem, som skall lösas, och vi skola nu se till, huru man härvid går till väga.

Natron och klor. Af det ofvan sagda framgår, att man vid elektrolysering af klornatrium, i ändamål att därur framställa natron och klor, måste arbeta på att söka så väl som möjligt åtskilja dessa ämnen, så fort de bildats, enär vid deras återförening underklorsyrliga och klorsyrade salter uppstå. Vidare måste man hafva en anod, som motstår klorgasens inverkan, och slutligen söka få natronlösningen fri äfven från osönderdeladt koksalt.

För uppnående af dessa mål hafva en mängd uppfinningar patenterats. Flertalet af dessa äro afgjordt odugliga; bland de öfriga finnes det nog åtskilliga, som äro sinnrikt uttänkta och synas praktiska. Men då ingen elektrolytisk alkali- och klorfabrik hittills arbetat tillräckligt länge, så har det ännu icke blifvit säkert utrönt eller åtminstone allmänt bekant, hvilka apparater som verkligen äro användbara i praktiken. Det sätt, som ligger närmast till hands, är att åtskilja anod och katod medelst en s. k. diafragma. Man omgifver t. ex. anoden med ett poröst lerkärl, hvilket hindrar den med klor mättade anodvätskan att blandas med den alkaliska luten kring katoden utan att därför omöjliggöra strömmens genomgång. Men diafragmorna hindra alltid strömmen, d. v. s. öka motståndet, och äro dessutom ofta ovaraktiga, hvarför bäst vore att kunna undvara dem. Vi skola icke heller beskrifva

några apparater af detta slag utan i stället redogöra för ett mycket sinnrikt konstgrepp, hvarigenom man liksom plockar ut natrium, så fort det afskiljes.

Detta konstgrepp består i användandet af kvicksilfver som katod; den af strömmen utskilda natriummetallen löses i kvicksilfret, så att ett amalgam uppstår. Detta amalgam bringas sedan i beröring med vatten, då natron bildas. Castner har på följande sätt tillämpat denna metod. Hans apparat, en fyrkantig vanna, är genom tvenne ogenomträngliga skiljeväggar, som dock icke beröra bottnen, afdelad i tre rum. De bägge yttre innehålla saltlösning och hvar sin anod, det inre rent vatten och en katod af järn. På bottnen befinner sig kvicksilfver, hvarigenom de tre rummen afspärras från hvarandra.

Strömmen går in vid anoderna samt vidare genom saltlösningen, kvicksilfret och vattnet till katoden. Vid anoden afskiljes klor, under det att natrium afskiljes vid kvicksilfret och upplöses af detta. Apparaterna befinna sig i beständig skakning, så att kvicksilfveramalgamet genast föres in till vattnet i katodrummet, där natron bildas. Kvicksilfret är således katod i yttre rummen och anod i det inre. Här bildas natronlut, som af strömmen sönderdelas på så sätt, att syre afskiljes vid kvicksilfret och där tager hand om natrium, under det att väte afskiljes vid järnkatoden.

På detta sätt bör man tydligen erhålla en från koksalt alldeles fri natronlut. En annan god sak är, att kolanoderna visat sig mycket hållbara, hvilket beror därpå, att endast klor och icke syre kommer i beröring med dem. Enligt Castners förfarande kan nämligen icke något underklorsyrligt salt bildas, hvilket just annars föranleder syrets afskiljande vid anoden. — Sinnrika apparater, grundade på kvicksilfvers användning, hafva äfven konstruerats af norrmannen Sinding-Larsen, hvilken är den förste, som uttagit patent på användning af kvicksilfverkatoder.

Klorgasen öfverföres vanligen till klorkalk; men på de senaste åren har man äfven börjat förtäta klorgasen till vätska, som föres i handeln, innesluten i järnflaskor, hvilka icke angripas, om kloren är torr. Natronluten åter afdunstas först i luftförtunnadt rum (vakuum-pannor), tills den når en styrka af 40 %, och därefter i smältkittlar till torrhet, då fast natriumhydrat erhålles som en hvit massa.

Den elektrokemiska alkali- och klortillverkningen uppträder som konkurrent till tvenne andra industrier, nämligen den gamla sodafabrikationen efter Leblancs metod, hvilken levererar soda och klor, samt den nyare ammoniaksodaprocessen, uppfunnen af Solvay, hvilken lämnar endast soda. Soda är natriumoxid (»natron») förenad med kolsyra. Men kolsyran är endast en onyttig barlast, och i de flesta fall skulle sodan med fördel utbytas mot natron, om detta senare blefve tillräckligt billigt. Med kännedom om den väldiga mängd soda, som årligen tillverkas, kan man lätt inse, huru viktig saken är.

Den tekniska delen af problemet torde i denna stund vara löst, sannolikt på flera sätt. En hel mängd försöksfabriker äro i gång i åtskilliga länder, och om man på senaste året icke hört synnerligen mycket om deras resultat, så bör detta ingalunda tydas som ett bevis på misslyckande. En omhvälfning inom en så mäktig industri behöfver sin tid.

Hvad åter den ekonomiska sidan af saken beträffar, så kan man naturligtvis ännu mindre framlägga några afgörande bevis för att metoden är praktisk, då ingen anläggning varit i gång någon längre tid. Entusiastiska ifrare för det nya påstå, att klor och natron kunna framställas hälften billigare än förut och att anläggningskostnaderna ställa sig oväntadt billigt. Å andra sidan har från kompetent håll offent-

liggjorts en mindre sangvinisk beräkning af produktionskostnaden för natron. Med ledning af denna och med vederbörlig hänsyn till svenska förhållanden kan man beräkna, att en svensk anläggning, som tillverkar 5 tons soda och 12,5 tons klorkalk om dagen och som därför behöfver ett vattenfall om 1,200 à 1,300 hästkrafter och ett kapital af 1 à 1½ millioner kr., härför skulle ha en daglig utgift, som med inberäknande af alla omkostnader, jämte amortering, icke öfverskrede 2,000 kr., hvaremot inkomsterna, efter nuvarande försäljningspris, skulle utgöra 2,700 kr. Den omständigheten, att salt icke finnes i Sverige, torde knappast utgöra något hinder, då dess pris ändock är så billigt. Anmärkningsvärdt är, att med nuvarande prisförhållanden ⅔ af försäljningssumman kommer på kloren och endast ⅓ på natron. Alltnog, metoden anses ekonomiskt fördelaktig, så vida icke drifkraften blir för dyr; nödvändigt torde det dock vara att drifva fabrikationen i stor skala. Någon fara för bristande afsättning förefinnes ej. Bolag för elektrokemisk tillverkning af natron och klor finnas i Tyskland, Österrike, Förenta staterna och framför allt i England (Electrochemical Co., Castner-Kellner Alkali Co.). Bolagens kapital växla i allmänhet mellan 3 och 6 millioner kronor, drifkraften är dels ånga, dels vattenkraft.

De viktigaste patenten äro uttagna af Castner och Kellner Synnerligen betecknande för ställningen är, att den mäktiga firman *Deutsche Solvay-Werke*, den största fabrikanten af ammoniaksoda i Tyskland, inköper elektrolytiska patent samt håller på att uppföra en större fabrik för deras användning. I Norge har firman Bröderne Cappelen byggt en sådan fabrik nära *Skien*, afsedd att drifvas med vattenkraft och med ett förträffligt läge nära hafvet. Sinding-Larsens patent hafva förvärfvats för denna fabrik. Äfven har uppgifvits, att ett tyskt-engelskt bolag skall begagna ett fall om 5,000 hästkrafter nära *Sarpsborg*. I Sverige har ett bolag, som ledes af ingeniör R. Lilljeqvist och hvari den nyligen aflidne dr Alfred Nobel var intresserad, vid *Bengtsfors* i Dalsland, anlagt en fabrik för elektrolys af *klorkalium*. Fabriken, som är ämnad att igångsättas våren 1897, kommer att försälja stark kalilut (ej fast kaliumhydrat) och klorkalk, hvartill den nödiga kalken beredes på platsen. Vattenkraften utgör 1,000 hästkrafter, hvaraf till en början dock endast 250 skulle användas.

Blekning och desinfektion. Af den ofvan lämnade öfversikten af förloppet vid elektrolys af klornatrium framgår, att om man vill leda den så, att hufvudprodukten blir underklorsyrligt natron, så bör man låta kloren och natronluten obehindradt inverka på hvarandra samt undvika upphettning. Den egentliga svårigheten är att få anoder med tillräcklig motståndskraft mot den förstörande inverkan af klor och syre på en gång; endast två material kunna härtill komma ifråga: kol och platina. Kolet har den olägenheten att vara poröst och därför genom gasutvecklingen splittras sönder, hvarvid kolflisorna förorena lösningen. Platina åter är mycket dyrt att anskaffa men står sig bra. Som katod användes ofta zinkbleck. Elektrolyten utgöres numera vanligtvis af koksalt. En af de första, som erhållit patent på elektrolytisk beredning af blekvätska, är Hermite; han föreslog klormagnesium som elektrolyt. Detta salts positiva ion, magnesium, förhåller sig likt natrium så till vida, att den med vattnet ger ett hydrat; men detta är olösligt i vatten och utfälles därför. Underklorsyrligt salt kan därför icke bildas, utan den afskilda kloren löses i vattnet antingen som sådan eller, enligt Hermite, under bildning af den mot hypokloriten svarande syran underklorsyrlighet.

Det utfällda magnesiumhydratet förorsakar emellertid många olägenheter, hvarför man öfvergifvit användandet af klormagnesium. Man kan antingen bereda blekvätskan i ett särskildt kärl och sedan behandla varan därmed i ett annat, eller också släpper man varan, t. ex. trämassa, in i elektrolyskärlet. I förra fallet kan man genom filtrering befria blekvätskan från kolpartiklar, i senare fallet komma de med i varan, ifall kolanoder användas. I hvarje fall användas flera par elektroder. Till en början kopplade man tillsammans alla anoder för sig och alla katoder för sig. Den erforderliga spänningen blir då endast några få volt, men då behöfver man, för att vara riktigt sparsam, en särskild dynamomaskin med låg spänning. Om man däremot ordnar elektroderna i serie, så att strömmen går från den ena till den andra, så kan man afpassa elektrodernas antal efter maskinens volttal och på så sätt använda hvilka maskiner som helst med likriktad ström. Dessutom slipper man mer än två kontakter till ledningstrådarna, nämligen från de bägge yttersta elektroderna. Denna anordning förutsätter dock tydligen, att hvarje elektrod på ena sidan skall vara oangriplig mot klor. Vi skola beskrifva ett par apparater.

Fig. 468 visar en af Hermite konstruerad apparat. Den utgöres af ett galvaniseradt gjutjärnskärl, vid hvars nedre del finnes ett rör, genomborradt med ett stort antal hål, genom hvilket saltlösningen ingår. Den öfre delen har en utvidgning, som bildar afloppskanal. Vätskan är i ständig strömning nedifrån uppåt i apparaten. Katoden består af ett system runda zinkskifvor, anbragta på två parallela, horisontala axlar, hvilka långsamt kringvridas och genom gjutjärnskärlet stå i förbindelse med dynamon. Ebonitstänger bortskrapa det magnesiumhydrat, som utfälles på zinkskifvorna. Anoden utgöres däremot af rektangulära stycken af platinaväf, omslutna med en ebonitram och upptill hoplödda med en blyarm, som står i förbindelse med den kopparstång, hvarigenom strömmen införes, men nedtill uppskurna för att lämna plats åt zinkskifvornas axel. Genom en rotationspump hålles vätskan i ständig cirkulation. Då alla anoder och alla katoder äro sinsemellan förenade, så uppgår spänningen i badet till endast 5 volt. Om en ström af högre spänning står till förfogande, kan man dock sätta flera »elektrolysörer» efter hvarandra. Varan, som skall blekas, befinner sig i ett annat kärl, dit den färdiga blekvätskan pumpas. Fig. 469 visar en större anläggning med talrika elektrolysörer och tillhörande dynamomaskiner samt pump.

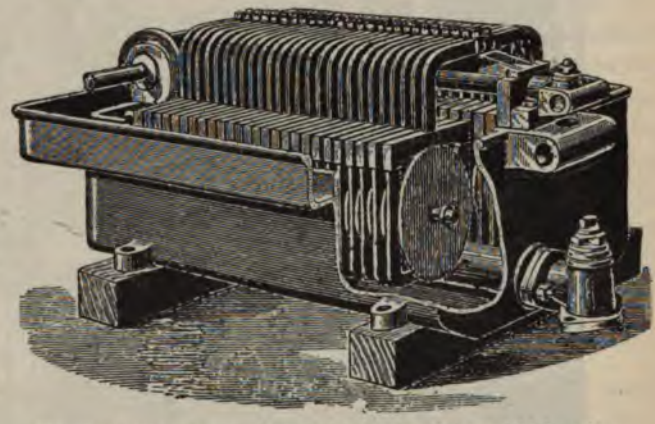


Fig. 468. Hermites elektrolysör för beredning af blekvätska.

Kellner har patenterat flera anordningar för blekning. Hans s. k. blekningsblock utgöres af ett system af elektroder, t. ex. för blekning af trämassa, som kan sänkas ned uti en »holländare», där trämassan är uppslammad i saltlösning. En »blekningsholländare» är ett aflångt träkar, där den uppslammade trämassan sättes i cirkulation genom en roterande trumma. Elektroderna bestå exempelvis af koppar och

äro på ena sidan (katoden) amalgamerade och på den andra (anoden) belagda med ett tunt platinableck. För att spara på platina har Kellner sedermera

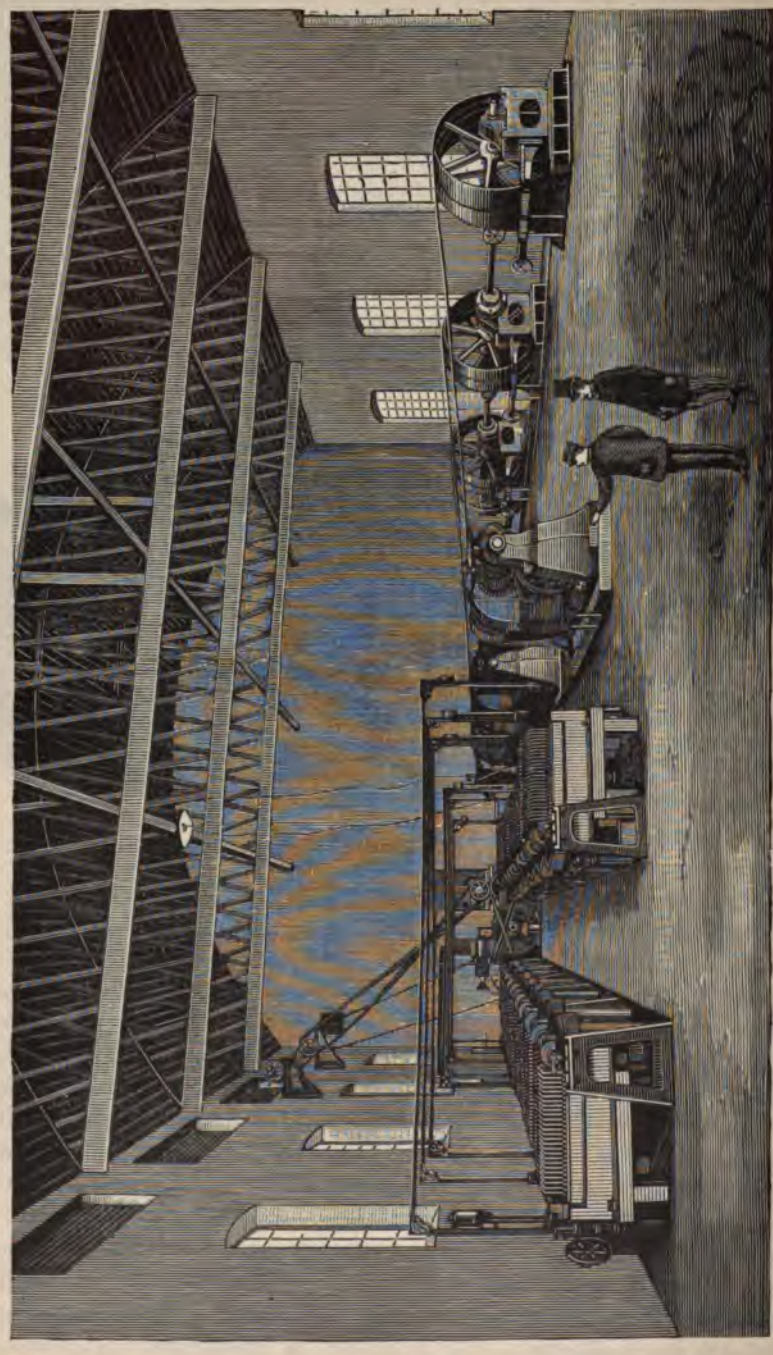


Fig. 469. Fabrik för tillverkning af blekvätska enligt Hermites metod.

konstruerat en s. k. »spetselektrod», bestående af en guttaperkaskifva försedd med små platinastift.

Elektrolytisk blekning ställer sig mycket billigare än blekning med klorkalk. Vid en större anläggning, som dagligen skulle förbruka omkring en ton klorkalk, beräknas af en tysk firma den elektrolytiska blekningen blifva hälften så billig, ifall nämligen vattenkraft användes. Om vid denna kalkyl nödig hänsyn tagits till apparatens ovaraktighet, synes icke fullt säkert. En annan fördel är, att underklorsyrligt natron är lättare att borttvätta från den blekta varan än klorkalk, hvarjämte behandlingen med syror efter blekningen blir öfverflödig.

Elektrolytisk blekning har redan användts på åtskilliga ställen. Hittills synes den mest ha vunnit insteg vid trämassefabriker och pappersbruk, ehuru den äfven kan användas för blekning af väfnader. I Frankrike ha flera pappersbruk användt Hermites metod. Kellners metod åter tillämpas i Hallein nära Salzburg (Tyrolen), där man lär bleka 20 tons trämassa i dygnet.

Äfven i Sverige har man börjat införa detta blekningssätt. Med användande af Hermites apparater har man vid *Stjärnfors* (Uddeholm) sedan år 1889 blekt omkring 2 tons trämassa om dagen och funnit detta ekonomiskt fördelaktigt. Elektrolyten utgöres af koksalt, hvaraf beräknas 110 kg. för hvarje ton massa. 75 hästkrafter behöfvas för dynamon. I början af år 1896 upphörde dock blekningen, enär alla oxiderbara delar på apparaten, såsom asfalt, ebonit, zink, då voro förstörda, under det att platinaduken ännu var i brukbart skick. Som Hermites apparater äro mycket dyra, anskaffades då ej nya, utan man beslöt att afvakta resultaten af pågående försöksarbeten på detta område. Vid *Billingsfors* i Dalsland blekes äfven trämassa med elektricitetens hjälp; där användes dock en annan metod. Den elektrolytiska blekningen torde blifva af icke oväsentlig nytta för de svenska trämassefabrikerna, som ofta nog hafva öfverflöd på vattenkraft, hvilken på detta sätt använd kan betydligt öka varans värde.

Desinficiering af kloakvatten. En lösning af underklorsyrligt natron verkar emellertid ej blott på färger; den förstör äfven illaluktande och hälsofarliga ämnen. Den kan därför, liksom klorkalk, användas som desinfektionsmedel, och Hermite har på grund häraf framställt ett omfattande förslag till en verksam desinfektion af städers kloakvatten. Närmast skulle detta förslag tillämpas i städer, där man har tillgång till hafsvatten, hvilket som bekant innehåller 3 procent klornatrium och andra salter. Man skulle härur genom elektrolys skaffa sig en lösning af underklorsyrligt natron, som skulle tillsättas kloakvattnet i förhållandet 1 : 1,000. Ledningen skulle gå till alla hus, så att desinfektionsmedlet alltid vore till hands. Det har emellertid visat sig, att den erhållna lösningen är för svag för att fullständigt sterilisera afloppsvatten, och i synnerhet inverkar den icke nog energiskt på fasta ämnen, som kunna finnas i kloakvatten, hvarför metoden tills vidare måste anses alldeles otillfredsställande.

Ett annat förfarande har Webster föreslagit. Han vill låta allt afloppsvatten gå igenom en lång rad af kanaler, i hvilka ett antal järnbleck äro nedsatta som elektroder och där en elektrisk ström skickas igenom. Under förutsättning, att kloakvattnet innehåller en viss mängd salter, skulle en elektrolys komma i gång och därvid järnet angripas, så att järnoxidhydrat bildas; detta är flockigt och skulle fälla ut de i vattnet flytande ämnena, så att vattnet klarades. Förmånligt är, om en del järn löses, ty järnsalter verka desinficierande.

Fig. 470 visar en anläggning efter Websters system. Denna metod är nog icke heller så mycket värd i sin nuvarande form, men de af Webster och Hermite väckta förslagen till ett grundligt oskadliggörande af städernas smutsvatten förtjäna uppmärksamhet på grund af sakens stora hygieniska betydelse.

Kaliumklorat. För att vid elektrolys af klorkalium erhålla kaliumklorat låter man de i första hand bildade produkterna klor och kali få inverka på hvarandra vid en temperatur af 50° eller mera.

Redan år 1887 uttogo Gall och Montlaur patent på tillverkning af kaliumklorat. Enligt deras metod skulle anoderna bestå af mycket tunna bleck af platina,

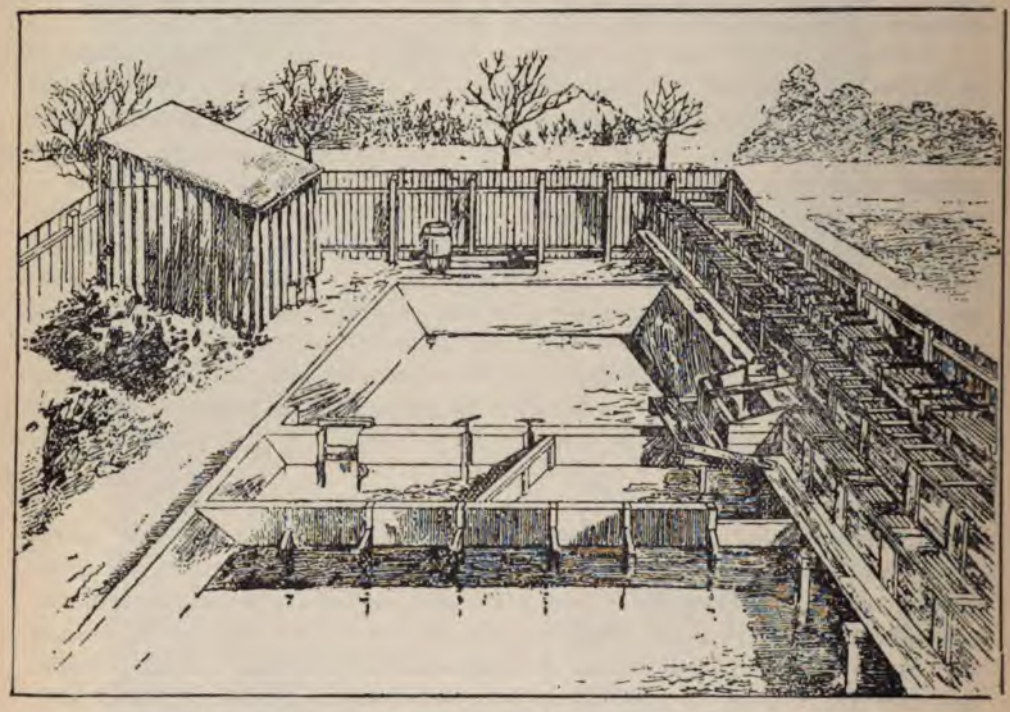


Fig. 470. Anläggning för desinficiering af kloakvatten enligt Websters metod.

legerad med 10 % iridium, och sålunda vara mycket motståndskraftiga mot klor och syre. Katoderna bestå af järn eller nickel. Klorkaliumlösningen är 25-procentig; vid denna höga koncentration utkristalliserar kaliumklorat under elektrolysen och utplockas samt omkristalliseras. Spänningen i hvarje bad utgör 5 volt. Diafragma användes eget nog, under det att samtidigt en mekanisk inrättning begagnas för att blanda klorvattnet och kaliluten. Elektrolytens temperatur växlar mellan 45° och 55°, och upphettningen åstadkommes af själfva strömmen. 1 hästkraft lämnar 1 kilo kaliumklorat i dygnet. Detta motsvarar något mindre än hälften af det teoretiska utbytet. »Société d'Électrochimie» vill förebygga hvarje förlust af klor genom att från början tillsätta kalilut, som genast skulle taga hand om kloren.

Kaliumklorat tillverkas äfven i Sverige vid Stockholms Superfosfatfabriks Aktiebolags fabrik vid *Månsbo* i Dalarne. Tillverkningen sker enligt en af bolagets

direktör O. Carlson patenterad metod. En alkalisk lösning af klorkalium elektrolyseras utan diafragma; de närmare detaljerna vid själfva elektrolysen hållas på goda grunder hemliga. Då denna fabrik är den första elektrokemiska anläggning af betydenhet i Sverige och synes hafva i alla afseenden lyckats utmärkt väl, torde några upplysningar om densamma vara af intresse, äfven om de icke beröra sakens kärna.

Månsbo är beläget vid Dalälfvens bekanta fall vid Avesta. Fig. 471 visar dynamorummet. Kostnaderna för inköp af egendomen Månsbo med vattenrätt och tomtplats jämte hela vattenbyggnaden uppgick till 800,000 kr. Vid lägsta vattenstånd kan man uttaga 4,000 hästkrafter, hvadan fabriken för närvarande utgör landets största vattenverk. Hvarje hästkraft kostar således 200 kr. i inköp, och efter 5 % ränta å kapitalet blifver årskostnaden 10 kr. per hästkraft. Skötseln och underhållet af verket torde blifva högst obetydliga, då det är ytterst solidt

Fig. 471. Dynamorummet i fabriken vid Månsbo.

utfördt. Äfven om årskostnaden för skötsel och amortering räknas till 10 % å kapitalet, så uppginge dock högsta kostnaden för en hästkraft till ej mer än 20 kronor om året. Vid ångkraft räknas vanligen kostnaden för år och hästkraft till 180 kronor.

Den elektriska strömmen alstrades till en början af 8 dynamomaskiner, tillverkade af Allm. Elektr. Bolaget i Västerås. Dessa maskiner voro då de största, som i vårt land tillverkats; de hafva sex inre poler och truminduktor med 10 mm. grof koppartråd. Elektromagnetringens yttre diameter är 1,760 mm. och induktorns diameter 900 mm. Hvarje dynamo kopplas direkt på en turbin med horisontal axel och lämnar en ström af 1,200 ampère och 115 volt. Sedermera har anläggningen utvidgats med fem större dynamos (se fig. 83). För närvarande begagnas dock endast 3,000 hästkrafter, hvadan 1,000 ännu äro disponibla.

Det vid Månsbo tillverkade kaliumkloratet är af utmärkt renhet och har funnit stor användning. Det förbrukas af svenska tändsticksfabriker och försändes dessutom till alla världsdelar. Utom kaliumklorat tillverkar fabriken natriumklorat, som finner användning vid beredning af anilinsvart.

Af öfriga elektrolytiska kloratfabriker må nämnas den vid *Vallorbes* i Schweiz, där 2,000 hästkrafter tillgodogöras, samt fabriken vid *St. Michel* (Haute Savoie, Frankrike), där likaledes 2,000 hästkrafter finnas. Bägge dessa fabriker ägas af Société d'Electrochimie i Paris. Under byggnad är »*Usine Chedde*» vid St. Salanches (Haute Savoie), tillhörande Corbin & C:ie och med en vattentillgång af ej mindre än 8,500 hästkrafter. Den elektrolytiska kloratfabrikationen har visat sig vara en god affär och håller, på grund af varans renhet och prisbillighet, på att undantränga den äldre, kemiska metoden. Denna består i att låta klorgas i värme inverka på kalk, då klorsyrad kalk (kalciumklorat) erhålles; dess lösning försättes med klorkalium, då klorkalcium och kaliumklorat bildas, hvilket senare salt är tämligen svårlösligt och därför lätt afskiljes.

Karbider. Med karbider förstås kolets föreningar med metaller; namnet användes dock äfven för en och annan förening mellan kol och ett icke metalliskt grundämne. Karbider hafva länge varit bekanta, men det är dock först på senare år, som de blifvit mera grundligt studerade. Hedern häraf tillkommer fransmannen Moissan, som systematiskt undersökt kolets föreningar med de flesta metaller och lyckats erhålla ett stort antal karbider i rent och kristalliseradt tillstånd. Detta skedde vanligen så, att en metalloxid med kol upphettades med den elektriska strömmens hjälp i en smältugn, inrättad ungefär som Cowles' ofvan beskrifna ugn för framställning af aluminiumlegeringar. Därvid borttages syret och metallen förenas med det smälta eller stundom till och med gasformiga kolet. Af sålunda framställda karbider hafva ett par redan fått en betydande praktisk användning, och vi skola därför något redogöra för dessa.

Kalciumkarbid och acetylen. Kalciumkarbid erhålles genom att elektriskt upphetta en blandning af kol och metallen kalciums oxid, hvilken icke är någonting annat än vanlig, osläckt kalk. Metoden är således i sig själf ganska enkel, och dess praktiska tillämpning synes icke hafva mött några större svårigheter.

Blandningen bör enligt beräkning sammansättas af 14 delar kalk och 9 delar kol. Det gäller dessutom att träffa en lämplig temperatur, som icke är onödigt hög, samt inrätta smältugnarna, så att tillverkningen kan blifva oafbruten.

Kalciumkarbiden bildar, sedan den stelnat, en hård, tung, mörkgrå eller svart, stundom grofkristallinisk massa. Ämnet har ingen användning som sådant, men dess stora betydelse härrör helt och hållet från dess märkliga förhållande till vatten. Kastar man ett stycke sådan karbid på vatten, så inträffar en mycket häftig gasutveckling, under det att i vattnet bildas en tjock hvit gröt. Den utvecklade gasen brinner vid antändning med starkt sotande låga. Förklaringen till detta fenomen är följande: vattnet inverkar på kalciumkarbiden, så att vattnets syre förenas med metallen till kalk, hvilken afskiljes, under det att kolet och vattnet förenas till en gasformig kropp, *acetylen*. Denna gas brinner under afskiljande af mycket kol, ifall stora mängder på en gång släppas ut i luften. Samlar man däremot gasen och låter den utströmma genom en med mycket fint hål försedd brännare, så blir resultatet ett helt annat. Den fina gasstrålen får då tillräckligt med syre för en fullständig

förbränning, intet kol afskiljes, utan ljuslågan blir bländande hvit. Skenet är så starkt, att om lågan en stund betraktas, så ser man dess bild äfven efteråt vid slutna ögon, alldeles som när man betraktat solen. Lågan är 10 gånger starkare än en vanlig gaslåga.

Nu inses klarligen, hvartill kalciumkarbiden är nyttig: genom att låta den inverka på vatten kunna vi på enkelt sätt inrätta ett förträffligt gasverk. Men ej nog härmed. Acetylengasen låter vid 40 atmosfärers tryck förtäta sig till en färglös vätska. Man kan därför förvara acetylen i en sluten stålcylinder samt förse denna med en god kran och en brännare; man behöfver endast öppna kranen och antända den utströmmande gasen, så har man ett ljus lika bra som det elektriska glödljuset. Häri ligger sakens kärna: ty här har man ett medel att åstadkomma en bekväm, präktig och billig belysning på järnvägståg, ångbåtar, i mindre samhällen o. s. v. 1 kilo flytande acetylen lämnar 900 liter gas. Behållare och brännare finnas redan i handeln.

Acetylen var emellertid bekant långt innan man lärde känna dess framställnieg ur kalciumkarbid; gasen förekommer nämligen i små mängder i lysgas men hade hittills blott kunnat framställas i mycket liten skala på laboratorier. Den har likväl icke odeladt angenäma egenskaper, ty liksom lysgas kan den förorsaka explosioner, om den blandas med luft och antändes, och dessa explosioner bli mycket häftiga. Lyckligtvis har den en genomträngande, lätt igenkänd, lökartad lukt, så att man snart märker, om den kommit ut i ett rum. Den är däremot icke giftig men kan naturligtvis icke underhålla andningen. Den verkar således icke alls som den farliga koloxiden utan ungefär som kolsyra. Men om man inandas luft, innehållande 30 volymprocent acetylen, så inträder vanmakt.

Tillverkningen af kalciumkarbid och acetylen är redan i full gång på flera håll. I Tyskland ha några framstående tekniska firmor och bankinstitut tillsammans bildat ett konsortium, benämndt »Carbid», för att bedrifva denna industri. Karbiden tillverkas äfven vid aluminiumfabriken i Neuhausen m. fl. ställen. Äfven i Frankrike finnas fabriker för kalciumkarbid. I Amerika bedrifves karbidtillverkningen vid Spray i North-Carolina och vid Niagara. I Sverige började i april 1897 tillverkningen af kalciumkarbid vid de Lavals experimentfabrik vid Önan, Trollhättan, där till en början 1,000 hästkrafter ur fallet skola användas. Priset på kalciumkarbid är i Neuhausen f. n. 360 kr. pr ton, hvilket gör, att acetylentillverkningen troligen är en god affär. Det elektriska ljuset och de Auerska glödkropparna ha fått en ganska svår konkurrent. I Köpenhamn, där priset på karbiden dock blir 600 kr. pr ton, finnas redan smärre acetylengasverk.

Man har sökt införa kalciumkarbiden i metallurgien, såsom ett kraftigt reduktionsmedel, men ännu icke uppnått några goda resultat. Beaktansvärdt är, att man ur acetylen kan erhålla ett annat kolväte, etylen, hvilket kan bringas att förena sig med vatten och då bildar alkohol. Saken har visserligen icke ännu någon praktisk betydelse men är dock af stort intresse, ty den visar, att acetylenfabrikationen utgör ett väsentligt steg framåt på den väg, som från kol och vatten leder till ämnen, hvilka kunna af människan förtäras.

Karborund. Med detta namn betecknas en förening mellan kol och grundämnet kisel, hvars oxid utgör bergkristall och kvarts. Föreningen erhålles genom elektrisk upphettning af en blandning af kvartssand och kol; den utmärker sig genom sin ovanliga hårdhet. Namnet är bildadt af »carbo», det latinska ordet för kol, och

korund, namnet på ett mineral, som i hårdhet närmar sig diamanten. Kolkiselns hårdhet ligger emellan korundens och diamantens. Den, som först framställt karborund i stor skala och för tekniska ändamål, är amerikanen Acheson, och hans fabrikat väckte mycket uppseende på världsutställningen i Chicago 1893. Han använde en ugn liknande den Cowleska. Däri inlägges en blandning af 29 delar kvartssand, 20 delar kokspulver, 5 delar koksalt som flussmedel samt 2 delar sågspån eller kork för massans uppluckrande. Mellan elektroderna bildas en brygga af kokspulver. 10 ton af blandningen bearbetas på en gång; för strömmens alstring behöfvas 1,000 hästkrafter. Efter upphettningens slut finner man i ugnen en kärna af koks, kring hvilken ligger en mantel af en buteljgrön, kristallinisk massa, karborund. Rent kolkisel är färglöst; den tekniska produkten utgöres vanligen af buteljgröna, sällan blåa, smaragdgröna eller ofärgade, sexsidiga taflor.

Karborund males till slippulver eller formas till slipstenar af olika slag, och dessa verka vida kraftigare än smärgel. Med pulvret kan man till och med slipa diamant. Det tillverkas i Amerika af *Chicago Carborundum Co.*, Monongahela, (Pennsylvanien) samt vid Niagara.

Väte, syre och ozon. På elektrolytisk väg beredd vätgas och syrgas äro numera en handelsvara. Den lämpligaste elektrolyten är natronlut, emedan den ej angriper elektroderna, hvilket en syra skulle göra. Elektrolysen förlöper naturligen så, att natrium går till katoden och där med vattnet bildar natriumhydrat och vätgas. Till anoden går resten af natriumhydratet och ger där upphof till syrgas och vatten. Det hela resulterar således i vattnets sönderdelning i syre och väte. Man har äfven börjat taga till vara den vätgas, som utvecklas vid elektrolys af klornatrium i natronfabrikerna.

Gaserna syre och väte bringas i handeln på stålflaskor och komprimerade till 100 à 150 atmosfärers tryck. Vätgas brinner som bekant med en låga (»knallgaslåga»), som har den högsta temperatur, hvilken vi medelst kemiskt förlopp kunna åstadkomma. På grund häraf användes den mycket vid lödning af bly i svafvelsyrefabriker. För detta ändamål har den elektrolytiska vätgasen ett stort företräde framför den, som beredes af zink och svafvelsyra, därigenom att den är så ren. Den sistnämnda är vanligen förorenad af arsenikväte, hvilket är ytterst farligt för arbetarnes hälsa. Någon skillnad i pris förefinnes icke.

Elektrolytiskt syre har ingen användning annat än på laboratorier och för medicinska ändamål.

Syre förändras under inflytande af elektriska urladdningar på ett märkvärdigt sätt, i det att gasen antager en egendomlig, fosforartad lukt och dess volym minskas. Den form af syre, som således bildas, kallas *ozon*, och man förklarar dess egenskaper genom antagandet, att syrets minsta smådelar, atomerna, äro i ozon förenade tre och tre, medan de i vanligt syre förekomma parvis. Ozon kan således sägas vara koncentreradt syre; dess kemiska verkningar äro också mycket kraftigare än vanligt syres, så att det exempelvis mycket hastigare bleker färgade ämnen. Framställning af ozon i stora mängder är ett viktigt tekniskt problem, på hvilket för närvarande ifrigt arbetas. Den enklaste, på laboratorier använda apparaten för ozonframställning består af ett glasrör, med däruti instucket metallrör, på sådant sätt att en smal kanal uppstår mellan rören. Glasröret tillslutes i båda ändar af lock, försedda med fina rör för syrets genomledning. Dess yttersida är belagd med

stanniol, hvilken förbindes med ena polen af en induktionsapparat, hvaremot det inre metallröret står i förbindelse med den andra polen. Medelst nämnda apparat laddas stanniolen och metallröret med motsatt elektricitet, och laddningarna växla hastigt, motsvarande strömväxlingarna uti induktorn. Härvid äger en »mörk urladdning» rum emellan de bägge beläggningarna, och därvid alstras ozon. Beredningen af ozon skiljer sig sålunda betydligt från de olika tillämpningar af den elektriska strömmen, som vi hittills omtalat. Då urladdningarna ske genom en gas, kräfvas strömmar af mycket hög spänning, sådana som gnistinduktorn lämnar. En närmare förklaring af ozons bildning har man ännu icke lyckats åstadkomma. Anmärkningsvärdt är emellertid, att man aldrig lyckas fullständigt omvandla en viss syremängd till ozon, utan endast en del däraf. Fig. 472 visar en större ozoniseringsapparat, konstruerad af bröderna Brin.

Denna inrättning utgöres af ett batteri af 8 särskilda ozonisatörer, hvardera bestående af ett dubbelrör, såsom nyss beskrifvits, men med ett tredje, smalare rör

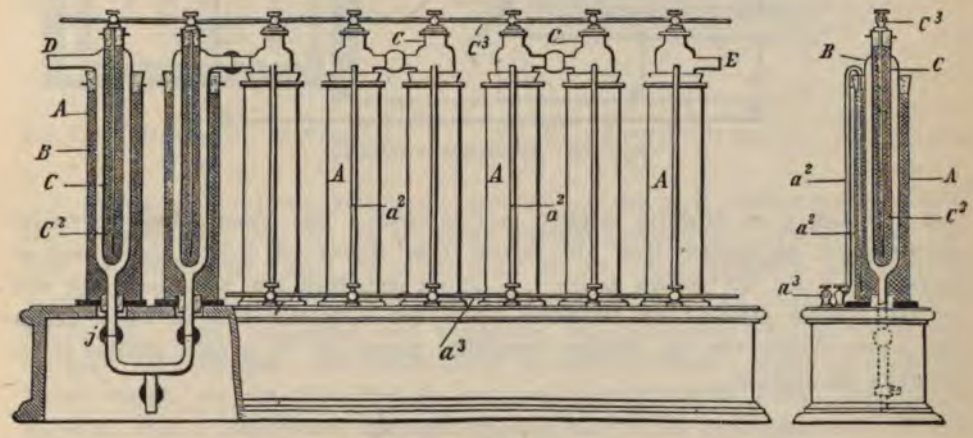


Fig. 472. Ozoniseringsapparat.

allra innerst. Detta rör, äfvensom mellanrummet mellan de båda yttre, är fylldt med järnfilspån; syret framgår i kanalen mellan de båda innersta rören. I och för gasens tillförsel och de särskilda ozonisatörernas förbindelse med hvarandra har hvarje mellanrör ett till- och ett afloppsrör. De yttre filspånlagren äro förenade inbördes och med induktionsapparatens ena pol; de inre likaså med den andra.

Firman Siemens & Halske använder ett smalare metallrör, på yttersidan beklädt med glimmer, insatt uti ett vidare rör, som på innersidan har liknande beläggning. Denna firma lärer nämligen använda ozon för tekniska ändamål. Fullt lämpligt har det visat sig för blekning och för att »gifva ålder» åt resonnansbottnar. Dessutom försöker man använda ozon för desinfektion, för att göra viner och konjak »gamla», för att borttaga finkeloljan ur sprit samt för att ur luftens kväfve framställa salpetersyra.

Färgindustri och garfning. Äfven för färgindustrien börjar elektrolysen vinna betydelse. Med dess hjälp kan man nämligen framställa åtskilliga anilinfärger och andra färgämnen och äfven anbringa mönster på tyger. Härpå arbetas

ifrigt, likaledes på elektrolytisk framställning af andra organiska föreningar, mest dock sådana, som hafva betydelse för färgindustrien. Grundläggande för dessa arbeten äro Goppelsroeders undersökningar, hvilka påbörjades redan för omkring 20 år sedan; en framställning af hans viktigaste försök må här lämnas.

Nedanstående figur 473 antyder en inrättning för åstadkommande af teckningar med anilinsvart, ett värdefullt färgämne, som erhålles genom syrsättning af anilinsalter. *A* föreställer en kautschuksplatta, som tjänar till underlag, *B* en blyplatta,

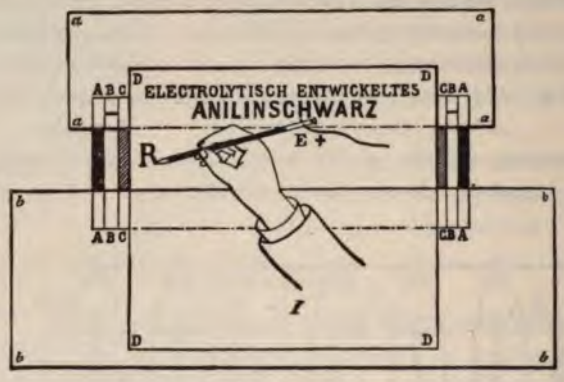


Fig. 473. Elektrokemisk teckning.

som är katod, *C* en filtskifva indränkt med anilinsalt. Där ofvanpå ligger tyget eller papperet *D*, på hvilket man vill skrifva eller teckna och hvilket täckes med en glasskifva *b* för att isolera armen. *E* är ett metallstift som utgör anod och med hvilket skriften utföres. Då strömmen slutes och *E* tryckes mot *D*, börjar genast den svarta färgen visa sig, hvilken framkallas genom det vid anoden afskilda syrets inverkan på anilinen.

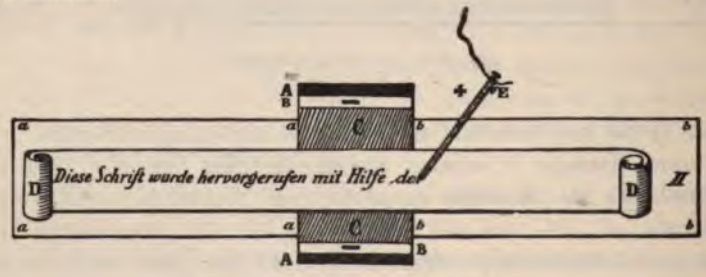


Fig. 474. Elektrokemisk skrifning.

Fig. 474 visar en anordning för att skrifva på långa remsor. Remsan föres på glasplattan *a*, där den åter upprullas. Bokstäfverna ha för öfrigt samma betydelse som i föregående bild.

Fig. 475 visar åter en anordning för att åstadkomma eller förstöra färg på en större yta. *A*, *B*, *C*, *D* beteckna detsamma som förut. *E* är en platta af bly eller en ädel metall. Tages som förut *B* till katod och *E* till anod, så uppstår, då strömmen påsläppes, svart färg på den af *E* betäckta ytan. En hel del anilinfärger ha emellertid egenskapen, att då de påverkas af ett reducerande d. v. s. syreborttagande medel, mista färgen och öfvergå till s. k. leukoföreningar. Om därför

filten *C* och tyget *D* förut äro indränkta med en sådan färg, så kan man genom att taga *E* till katod och *B* till anod borttaga färgen under *E*. Det är det vid katoden afskilda vätet, som i detta fall verkar reducerande.

Fig. 476 visar en anordning för elektrolytiskt tygtryck, t. ex. för anbringande af hvitt tryck på en grund af exempelvis turkiskt rödt. *F* är ett träblock, *A* kautschukplatta, *B* blyplåt, som tjänar som katod. Ofvanpå denna ligger en förgylld, icke graverad kopparplatta I, vidare filten *C* samt det färgade bomullstyget *D*. Därpå kommer en förgylld, graverad kopparplatta II och slutligen träblocket *G*. *E* är ett metallstift för strömmens inledande. Elektrolysen ger sig till känna genom gasernas fräsande och är färdig redan efter 30 sekunder; då framträder på tyget en skarp, hvit kopia af graveringen.

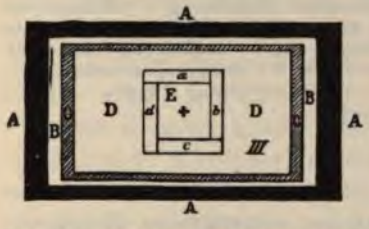


Fig. 475. Elektrokemisk färgförändring.

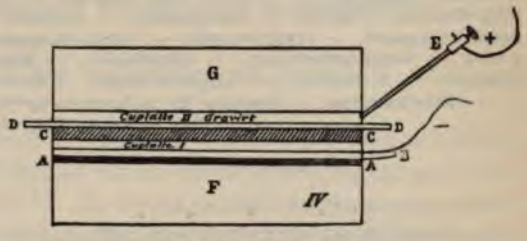


Fig. 476. Elektrolytiskt tygtryck.

Slutligen ha vi att nämna ett par ord om den s. k. *elektriska garfningen*. När elektriciteten visat sig ha så många underbara egenskaper, hvarför skulle man icke då försöka dess hjälp vid garfning för att om möjligt påskynda dennas ytterst tidsödande förlopp. Så har äfven skett, fastän resultaten till en början voro mycket omtvistade. Från sakkunnigt håll anmärktes, att elektrolysen omöjligt kunde vara till gagn vid garfningen, enär garfämnet ju då skulle förstöras. Sedan har emellertid blifvit utrönt, att det icke alls är strömmens sönderdelande verkan, som här är gagnelig, utan i stället dess märkliga egenskap att vid sin genomgång med ett visst tryck pressa garfämneslösningen igenom hudens porer, hvarigenom en mycket snabbare inverkan äger rum. På detta sätt uppnås verkligen en väsentlig tidsbesparing. Man plägar då och då ombyta strömmens riktning för att få lösningen att passera fram och tillbaka. Elektrisk garfning användes vid åtskilliga garfverier utomlands och hos oss i stor skala i Vänersborg. Då detta förfaringssätt alltså grundar sig på en rent mekanisk inverkan af elektriciteten, skola vi icke här närmare inlåta oss på detsamma men återkomma därtill uti en annan del af detta arbete.

VIII. Telegrafi.

Inledning. — Chappes telegraf. — Optiska telegrafen i Sverige. — Akustiska m. fl. telegrafer. — Elektriska telegrafen. — Sömmerings telegraf. — Nåltelegrafen. — Visaretelegrafen. — Morses telegrafsystem. — Reläet. — Öfverdragning. — Soundern. — Automatisk telegrafering. — Wheatstones snabbskriftapparat. — Trycktelegrafer. — Hughes' apparat. — Kemiska kopieringstelegrafer. — Telautografen. — Dubbeltelegrafering. — Fonotelegrafi. — Multiplex-telegrafering. — Kombinations- och hjälpapparater. — Strömkällor. — Telegrafledningar. — Underhafstelegrafi. Utläggning af hafskabel. — Kabelmätningar. — Apparater för underhafstelegrafering. — Dubbeltelegrafering å kablar. — Den elektriska telegrafen i Sverige.

Behofvet att så hastigt som möjligt befordra viktiga underrättelser till aflägsna orter måste hafva framträdt redan i ett tidigt skede af folkens utveckling. Så snart människorna kommit i mera omfattande stam- och statsförhållanden till hvarandra, inträffade ej sällan fall, då man ville varna vänner för hvarjehanda faror eller kalla dem till skyndsam hjälp. Att utforska de första spåren af telegrafien, d. v. s. enligt ordalydelsen: konsten att skrifva på långa afstånd (af τῆλε, fjärran, och γράφειν, skrifva), torde af denna orsak vara mycket svårt, om ej omöjligt.

De först använda medlen ha för öfrigt hos alla folk varit af så ursprunglig art, att de sannolikt öfverallt varit desamma. *Utställda poster* tillropade hvarandra underrättelser eller meddelade sig genom på långt håll synliga signaler: *eldar*, *flaggor*, *rökpelare* o. s. v. Om den persiske konungen Darius Hystaspis berättas, att han på vissa höjder låtit utställa poster, som befordrade underrättelser till hufvudstaden från de mest aflägsna provinserna i hans rike. Dessa »konungens öron», såsom de kallades, tillropade hvarandra de meddelanden, som skulle göras, och spridde dem på en enda dag till ett afstånd af 30 dagsresor. I sorgspelet »Agamemnon» af Æschylus omnämnes, huru eröfrarens gemål, ännu samma natt Troja intogs, genom signaleldar erhöll underrättelse om händelsen, oaktadt afståndet utgjorde ej mindre än 50 mil. Telegrafposternas stationer voro vid detta tillfälle följande: berget Ida i Troas, Hermeos på Lemnos, Atos, Makistos på Eubea, Mesapios i Beotien, Kiteron, Egiblanktos i Megaris och Arakneos i Argolis.

Persevs lär, såsom Herodot berättar, ha haft verkliga telegraflinier, på hvilka alla viktiga underrättelser medelst fackelsignaler befordrades, och Hannibal uppgifves hafva i Spanien och Afrika inrättat fasta torn till stationsplatser. Genom enkla eldar, som allmänt användes af forntidens folk, kunna naturligtvis blott mycket korta, på förhand öfverenskomna meddelanden gifvas. De s. k. *vårdkasarna* i Sverige utgöra minnen från sådana signalsystem.

Fackelsignaler åter, hvilkas ålder äfven är mycket hög, tillåta redan ett meddelande af olikartade och alldeles oförutsedda händelser. Det påstås, att Kleoxenes och Demokrit (450 f. Kr.) skola ha begagnat ett bokstafssystem. I synnerhet

omtalas en apparat, inrättad som ett schackbräde, i hvilken alfabetets 25 bokstäfver voro ordnade i fem horisontala och fem vertikala rader, så att hvarje bokstaf kunde betecknas genom angifvande af två tal, antingen medelst facklor eller flaggor. Äfven angaf man bokstäfver med 1—8 facklor eller fanor i tre särskilda grupper, den vänstra, mellersta och högra, motsvarande de åtta första, mellersta och sista bokstäfverna i alfabetet. För signalering användes slutligen trästycken, som omväxlande upp- och nedhissades på höga stänger.

Ehuru alla dessa olika signaleringssätt voro behäftade med stora olägenheter, återkom man dock ständigt till likartade system, och Kesslers uppfinning (1617) står ännu på alldeles samma punkt som de gamla romerska signaleringsinrättningarna. Den bestod nämligen däruti, att ett lysande föremål ställdes i en horisontalt liggande tunna och ordningsnumret af den bokstaf i alfabetet, som skulle signaleras, angafs genom det antal gånger, tunnans lock öppnades.

Att flagg- och lyktsignaler ännu i dag äro brukliga om skeppsbord, är allmänt bekant.

Ett framsteg gjordes först i början af sjuttonde århundradet, då den engelske markisen af Worcester (1633) gaf förslag till en optisk teckentelegraf, som fransmannen Amontons vidare utbildade (1633). År 1684 uppträdde engelsmannen Robert Hook med en uppfinning att medelst rörliga linjaler telegrafera geometriska figurer, hvilkas betydelse var på förhand bestämd, och 1765 byggde engelsmannen Edgeworth en dylik telegraf för eget behof mellan London och Newmarket.

Samma år visade professor Bergsträsser i Hanau i sin »syntematografik», huru man utan synnerlig kostnad kunde dag eller natt utdela order till alla cheferna i ett läger af 200,000 man och meddela hvar och en jämnt så mycket, som han borde lära känna. Han föreslog inrättandet af en sådan *signalpost*, såsom han kallade den, mellan Leipzig och Hamburg. Sommaren 1786 gjorde man äfven ett försök härmed mellan Hanau och den fyra mil därifrån belägna, så kallade Guldgrufvan vid foten af Feldberg. Detta försök lämnade ock ett ganska godt resultat. Saken blef dock ej synnerligt uppmärksammad och därför snart glömd; men då den återkom till Tyskland som en fransk uppfinning, skänkte man den en uppmärksamhet, som den redan från första början förtjänat.

Chappes telegraf. Det påstås, att ingeniören Claude Chappe uppfunnit sin telegraf för att från Angers kunna korrespondera med sina bröder, som befunno sig vid en läroanstalt en fjärdingsväg utanför staden. Denna berättelse är möjligen till en viss grad sann, men idéen att med tillhjälp af en mekanisk inrättning åstadkomma ett hastigt tankeutbyte fick Chappe egentligen, då han 1790, efter en längre bortovaro, sammanträffade med sina bröder hemma hos modern i Brulon. Han anställde en mängd försök, som af grannarne utskrattades och hånades men dock slutligen uppmärksammades af nationalkonventet. Sedan systemet genom dessa bröders fortsatta försök, med tillhjälp af konsul Delauny och urmakaren Breguet, blifvit ytterligare utbildadt, anbefallde konventet, hufvudsakligen på föranstaltande af Romme, i juli 1793 upprättandet af en telegrafförbindelse mellan Paris och Lille, en sträcka af 20 mil med 22 stationer. Den första depeschen innehöll underrättelse om Condés återintagande (29 aug. 1794), hvarpå konventet svarade, att denna plats hädanefter skulle kallas Nord-Libre, hvilket namn dock åter försvann med revolutionen själf. Från depeschens afgång till svarets ankomst förflöt tre fjärdedels timme.

På berg, kullar, torn o. d. uppfördes nu små, med två fönster försedda byggnader i sådant läge, att man hade fri utsikt till de båda närgränsande stationerna. På taket stod en lodrät pelare eller stång, som gick ned i tornet och räckte ända till golfvet och vid hvars öfre ände å en axel var anbragt en 3—5 m. lång och 3 dm. bred, stark arm, hvilken kunde antaga alla möjliga ställningar i vertikalt plan. Vid hvardera änden af denna s. k. *regulatorarm* fanns en dylik arm af 2 m. längd och 3 dm. bredd, kallad *indikator* eller vinge, hvilken åter i förhållande till regulatorn kunde i dennas rörelseplan intaga hvilken ställning som helst. De särskilda afdelningarna voro medelst motvikter så afpassade, att de kunde vridas af en helt ringa kraft. För att ej göra vinden för stort motstånd voro ytorna genombrutna likt jalusier. Allt var svartmåladt.

Tecknen bildades genom olika kombinationer af regulatorarmen och indikatorerna och repeterades från torn till torn utefter hela linien. Apparaten sköttes utan svårighet medelst dragsnören från understa tornrummet, och signalerna observerades å hvarje mellanstation medelst goda kikare, en åt hvardera hållet.

Om äfven dessa enkla och af väderleksförhållandena mycket beroende signaleringsinrättningar från den nutida telegrafiens ståndpunkt förefalla alltför ofullkomliga och tungskötta, så må man dock ihågkomma, att de för dåtida förhållanden betecknade ett högst betydligt framsteg samt alltid äro af betydelse såsom det egentliga uppslaget till våra dagars telegrafväsen. Signaleringshastigheten var för öfrigt icke så ringa, som man möjligen föreställer sig. På 5—7 minuter kunde man i Paris erhålla en icke alltför lång depesch från städer belägna på 400—500 km. afstånd. Andra länder följde snart Frankrikes exempel, sålunda Sverige 1794, England 1796, Danmark 1802, Preussen 1833, Österrike (Wien—Linz) 1835, Ryssland (Warschau—Petersburg) 1836. I början af 1830-talet funnos i Frankrike mer än 170 optiska telegrafstationer mellan landets hufvudorter. Till och med Ostindien och Turkiet hade telegraflinier af detta slag.

Optiska telegrafen i Sverige. Det torde här vara på sin plats att i ett sammanhang berätta den optiska telegrafens historia särskildt i Sverige, ehuru vi härigenom gå något längre fram i tiden än det öfriga af vår berättelse.* Sverige var det land, som först följde fransmännens föredöme i afseende på inrättandet af optiska telegrafer. Redan år 1794 hade presidenten Edelcrantz, utan att på något sätt efterbilda den franska telegrafen, ja, utan att ens om denna ha någon annan kännedom, än att därtill användes rörliga armar, konstruerat sin telegraf, hvilken den 30 oktober och 1 november samma år försöktes mellan Stockholm och Drottningholm samt ett par år senare antogs i England, först med några misslyckade förändringar men sedermera fullkomligt sådan densamma var konstruerad af Edelcrantz, hvilken af Sällskapet för konster, åkerbruk och handel i London hedrades med dess prismedalj för nyttiga uppfinningar.

Edelcrantz' telegraf skilde sig från Chappes hufvudsakligen därigenom, att i stället för de tre rörliga armarna användes tre fasta, på en mast uppsatta horisontala armar, hvar och en försedd med tre fyrkantiga, medelst gångjärn fastsatta luckor, hvilka kunde läggas horisontalt eller ställas vertikalt. Endast i den senare ställningen voro luckorna synliga till nästa station. Hvarje lucka på den öfversta

* Hufvudsakligast efter Nyströms *Lärobok i telegrafi*.

armen betydde 1, på den mellersta 2 och och på den nedersta 4. De nio luckorna voro för öfrigt så ordnade, att de äfven bildade tre vertikala rader. Den första vertikalraden från höger utmärkte enheter, den andra tiotal och den tredje hundratal. Man kunde med luckorna beteckna hvilket tresiffrigt tal som helst från 0 till 777, hvaruti ingen större siffra än 7 ingår. Genom en sinnrik kombinering af siffrornas placering och summering samt begagnande af en signalbok kunde man angifva ej mindre än 20,080 olika uttryck upptagna i denna bok.

Kort efter det första telegraferingsförsöket mellan Stockholm och Drottningholm anlades telegraflinier till Karlberg samt till Fredriksborgs och Vaxholms fästningar; två år därefter öfver Furusund och Kappelskär till Grisslehamn och öfver Ålands haf till Ekerö. Därefter anlades sådana linier mellan Göteborg och Marstrand, mellan Malmö och Helsingborg samt mellan Karlskrona och befästningarna å redden. Under kriget 1808—1809 upprättades ytterligare telegrafer i Stockholms skärgård, nämligen till Gäfle, Landsort och Sandhamn. Efter krigets slut fingo dessa anläggningar likväl förfalla. Personalen afskedades, och de af telegrafisterna, som lefde ännu 1836, då samma slags telegrafer å nyo iordningsställdes, visste berätta, att man efter krigets slut ej hade några viktiga meddelanden att fortskaffa. Inrättningen hade för öfrigt att kämpa med stora ofullkomligheter. Dels var missgynnande väderlek ofta rådande, dels lära ordning och öfning ha saknats hos en del af personalen, som hufvudsakligen var uttagen ur landtvärnet.

År 1836 befallde konung Karl XIV Johan, att de Edelcrantzska telegraferna skulle åter uppbyggas. Detta uppdrag lämnades åt general Akrell, hvilken å sin sida uppsökte en af 1809 års telegrafmän, ryttmästaren Venus, som lämnade ritning på den Edelcrantzska telegrafen, samt d. v. kaptenen I. F. v. Heland, åt hvilken närmaste öfverinseendet uppdrogs. Samma år blefvo i Stockholms skärgård 10 telegrafer uppsatta och bemannade, så att korrespondens kunde äga rum mellan Stockholm och Dalarö, Sandhamn och Vaxholm. Äfven i Göteborgs och Karlskrona skärgårdar anlades samtidigt sådana linier. Vaxholmslinien utsträcktes året därpå till Furusund och Dalarölinien 1838 till Landsort. Några år därefter utsågos stationspunkter till Grisslehamn och ännu senare mellan Stockholm och Göteborg, men företaget stannade vid en utprickning på kartan. Afstånden mellan stationerna växlade från 1 till $1^1/_2$ mil. För att gifva ett begrepp om tidsåtgången må nämnas, att en tid af 7 minuter erfordrades för att sända en kort depesch från Furusund till Stockholm. Hastigheten var således ganska stor, då man tager i betraktande, att mellan nämnda punkter funnos fem mellanstationer.

Akustiska m. fl. telegrafer. Iakttagelsen, att ljudet mycket litet försvagas under sin fortplantning genom rör, föranledde neapolitanaren Porta att år 1579 framställa ett förslag om anläggande af språkrörsledningar i stället för de i forntiden begagnade roparlinierna. Ehuru flera andra personer, bland dem cistercienser-munken Gauthey, å nyo framkommit med samma förslag, hafva dessa akustiska telegrafer likväl aldrig funnit någon vidsträcktare användning å längre vägsträckor, hvaremot de med fördel begagnas till åstadkommande af förbindelse mellan de särskilda lokalerna i större etablissement, hotell o. d. De från Doull, Sudre m. fl. utgångna förslagen att sammansätta ett bokstafssystem af åtskilliga toner (*musikaliska telegrafen*) omnämna vi blott för fullständighetens skull. Lika liten användning ha de *pneumatiska telegraferna* erhållit. I dessa tryckes luft genom

ett rör och framkommer vid andra änden under vatten i form af luftblåsor (Rowley 1838).

I sammanhang härmed må nämnas, att den svenske ingeniören grefve P. A. Sparre 1866 erhöll patent i Sverige på ett af honom uppfunnet signaleringssystem, kalladt *lufttelegraf*, som redan förut var af honom patenteradt i Frankrike och där kändt under namn af *sonnerie télégraphique, système Sparre*. För denna sinnrika konstruktion erhöll Sparre silfvermedalj vid världsutställningen i Paris 1867.

Apparaten bestod af ett fint metallrör, som vid sin ena ände var tillslutet af en liten kautschuk-kula eller ballong samt vid den andra af en cylinderformig kropp, hvars botten utgjordes af en tunn elastisk skifva af kautschuk. Då nu kautschukballongen sammantrycktes och verkade som en liten blåsbälg, utsköts den elastiska skifvan i rörets andra ände. Denna utpressning af skifvan användes som motor för en mekanisk inrättning, som satte en klocka i rörelse. Rörets inre diameter behöfde ej vara mer än 2 à 3 mm., om också ledningen var 600—900 m. lång. Detta nu beskrifna telegrafsystem var ganska användbart i sådana fall, då det endast var fråga om enkla signaler och korta afstånd, t. ex. vid fabriker, i boningshus och i synnerhet om skeppsbord.

Med begagnande af lufttryck i gröfre rör har man lyckats framdrifva enkom därtill gjorda läderpatroner eller kapslar, i hvilka bref och paket kunna inläggas. Då själfva depeschen och ej blott dess innehåll härvid befordras, kunna dock dessa inrättningar snarare hänföras till post- än till telegrafbefordring. Ofta och i synnerhet vid kortare rörledningar framdrifves patronen därigenom, att en person sammantrycker en vanlig blåsbälg, som står i förbindelse med röret. Vid större rördimensioner och längre afstånd komprimeras luften med tillhjälp af en ångmaskin, och som rörledningen ofta är dubbel, kan luften äfven förtunnas på andra sidan om patronen. I Berlin utfördes 1865, på förslag af Siemens & Halske, en pneumatisk rörpaketpost af omkring 850 meters längd för befordran af depescher mellan börsen och telegrafstationen. Numera finnas dylika inrättningar uti de flesta af utlandets storstäder, där de äro af största nytta vid snabb transport af telegram så väl mellan olika lokaler inom telegrafstationen som äfven mellan denna och filialstationer.

För den historiska fullständighetens skull må äfven nämnas, att man i början af detta århundrade gjorde åtskilliga försök att i förbättrad konstruktion använda den redan från gamla tider bekanta *hydrauliska* telegrafen, hufvudsakligen bestående af ett med vatten fylldt U-formigt rör, i hvars skänklar vattenpelarna bragtes att röra sig upp och ned, därvid angifvande olika bokstäfver eller siffror. Därmed vanns dock ingenting, ty dels uppfyllde Chappes telegraf på ett utmärkt sätt alla dåtidens fordringar, och dels blef den snart öfverflödig genom vårt nuvarande telegrafsystem.

Elektriska telegrafen. Kännedomen om den utomordentligt stora hastighet, hvarmed elektriciteten framgår, måste redan tidigt föra tanken på att söka använda densamma för telegrafering. Redan för 150 år sedan gjordes de första försöken i denna riktning. Professor Winkler i Leipzig lyckades år 1746 att leda elektricitet genom långa trådar under floden Pleisse. I England väcktes förslag om elektriska telegrafer år 1750, men dessa kommo ej då till utförande. Man lär ha i behåll ett bref, dateradt Renfrew den 1 februari 1753 och undertecknadt C. M., hvars författare föreslår att leda 24 trådar från en station till en annan, med hvilken man

ville samtala, att lägga en liten, med en bokstaf tecknad flädermärgskula vid hvarje tråd och isolera trådarna med hållare af glas eller harts. Laddades nu vid den ena stationen en tråd med elektricitet, skulle dess motsvarande ände å den andra stationen attrahera sin underliggande flädermärgskula, och på detta sätt vore det möjligt att hastigt telegrafera ord och satser. I stället för flädermärgskulor skulle man äfven genom en enkel inrättning kunna sätta små klockor i rörelse.

Lesage i Genève konstruerade 1774 en sådan telegraf. På hvarje trådände satte han två flädermärgskulor, hvilka, då tråden laddades, repellerade hvarandra och sålunda antydde bokstafven.

Vid denna tid eller strax därefter sysselsatte sig flera fysiker med samma uppgift och framställde många förslag. Af särskildt intresse synes det af Lomond (1787) vara, hvilken i stället för de 24 trådarna blott hade en eller två och angaf bokstafvens ordningsnummer genom antalet af kulornas repulsioner. Samtidigt framställde professor Boeckmann ett likartadt förslag. De särskilda bokstäfverna angåfvos af honom genom en eller flera gnistor, grupperade inom vissa tidsintervaller. I Spanien hade Bétancourt 1787 mellan Madrid och Aranjuez inrättat en telegraf, hvilken bestod af laddflaskor, som urladdades genom metalltrådar. Efter honom väcktes dylika förslag äfven af Salva (1796), Cavallo (1797) m. fl. I Lomonds försök ligger redan den princip, som sedermera åter framträdde i nåltelegrafen samt i Morses apparat. Märkvärdigt nog finna vi äfven den idé, som ligger till grund för den länge och i England ännu i dag använda visaretelegrafen, redan 1816 angifven af engelsmannen Ronalds, hvilken på båda ändstationerna lät uppställa fullkomligt lika urverk och medelst dessa satte i rotation skifvor, som voro på fullkomligt lika sätt betecknade med bokstäfver. Skifvorna rörde sig bakom en skärm, försedd med en öppning, genom hvilken observatorn blott kunde se en bokstaf i sänder. Då den rätta framkom, afbröts rörelsen för ett ögonblick medelst elektricitet.

Att användandet af friktionselektricitet för telegrafering skulle vid utförandet i stort möta betydliga olägenheter ligger i sakens natur. Till följd af sin höga spänning bortledes nämligen detta slag af elektricitet synnerligen lätt från de ledare, densamma skulle följa. Försöken med friktionselektriciteten öfvergåfvos också alldeles, sedan en mycket lämpligare kraftform upptäckts i den galvaniska elektriciteten.

Sömmerings telegraf. Den galvaniska telegrafens historia kan, såsom numera är tydligt ådagalagdt, spåras till 1809, och äran af att med klar insikt i frågan först ha beträdt vägen tillkommer den tyske fysiologen Thomas v. Sömmering i München. Det första uppslaget gaf det förhärjande krig, som i århundradets början från Frankrike utbredde sig öfver Europa. Denna folkens blodiga samfärdsel utsådde ett frö, som för civilisationen skulle blifva ett af de mest fruktbringande. Men märkvärdigt är, att just den franska nationen, hvars storartade resning gaf första impulsen till de långvariga skakningarna, skulle sist och ofullständigast tillgodogöra sig den nya uppfinningens följder. Ännu 1846 satte sig deputeradekammaren emot anläggandet af en elektrisk telegraf emellan Paris och Lille, och endast Aragos kraftiga uppträdande kan man tillskrifva, att småningom åtminstone försök gjordes, hvilka slutligen förmådde undanträngа den omtyckta Chappeska uppfinningen och ersätta den med något ojämförligt bättre och fullkomligare. Först 1851 blef den elektriska telegrafen i Frankrike upplåten för allmänheten, och under de första två

månaderna befordrade den ej mer än 500 depescher från Paris. Men vi återtaga den historiska utvecklingens tråd.

Man kunde omöjligt blunda för det sakförhållande, att Napoleons snabba och i följd däraf så utomordentligt lyckliga företag hufvudsakligast befrämjades, ja, ofta till och med endast blefvo möjliga genom den hastighet, hvarmed härskaren kunde meddela sin vilja till alla delar af sin här. Det var just en företeelse af detta slag, som ändtligen gaf den kraftiga impulsen till telegrafväsendets vidare utveckling medelst elektricitetens hjälp. Österrikiska arméen hade den 9 april 1809 helt oväntadt inbrutit i Bäjern och förjagat kurfursten från München. Tack vare den optiska telegrafen erhöll Napoleon i Paris denna underrättelse så hastigt, att han

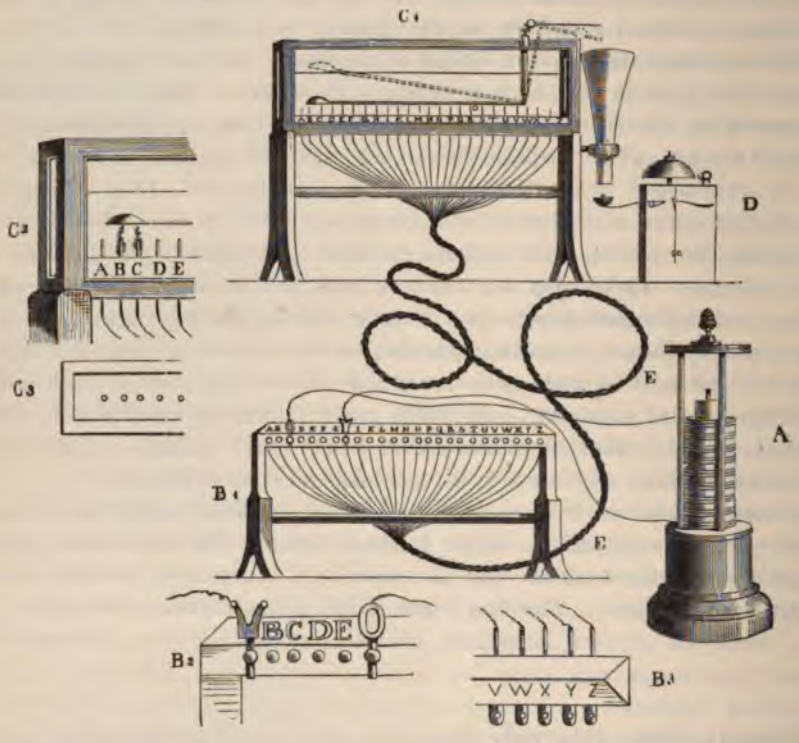


Fig. 477. Sömmerings telegrafapparat.

med sin alltid krigsfärdiga här kunde genast ila sin nödställde bundsförvant till hjälp. Inom fjorton dagar voro österrikarne åter utdrifna ur München. Någon tid därefter befann sig anatomen doktor Th. v. Sömmering på middag hos bäjerske ministern, grefve Montgelas; nyssnämnda krigshändelser kommo då på tal, och ministern uttryckte sin lifliga önskan att af vetenskapsakademien erhålla ett förslag till någon lika snabb signaleringsinrättning för Bäjern. Detta var den 5 juli. Denna tanke lämnade den lärde mannen ingen ro; redan den 26 augusti framlade han för akademien en fullständigt utarbetad plan till galvanisk telegraf, och denna apparat är således att anse som urkällan till den nutida elektriska telegrafen.

Sömmerings idé var att åstadkomma telegraftecknen genom de gasblåsor, som uppkomma, då vatten sönderdelas medelst elektrisk ström. Apparaten (fig. 477)

bestod af ett med syrsatt vatten fylldt glaskärl C_4, från hvars botten 24 stift af fin guldtråd stucko upp. Hvarje stift betecknade en bokstaf ur alfabetet. Om två sådana stift förenades med polerna till en strömkälla, bildades genast gasblåsor i olika antal vid hvardera, och man kunde därigenom lätt se, hvilken bokstaf som skulle vara den första, hvadan två bokstäfver åt gången kunde aftelegraferas. Man kunde sålunda genom att på olika sätt gruppera stiften med och efter hvarandra, i förbindelse med batteriet, få fram stafvelser och ord.

Genom 24 ledningstrådar stod denna apparat i förbindelse med en annan mer eller mindre aflägsen sådan (B_4), medelst hvilken bokstafsgrupperingen verkställdes. För detta ändamål var hvarje ledningstråd förenad med ett af 24 metallstift, uppsatta å en trälist (B_2, B_3 å figuren) och försedda med koniska hål för att däri insticka små proppar, utgörande yttersta ändarna af de bägge ledningstrådarna från en voltastapel A. Tänker man sig nu, att båda apparaterna befinna sig på längre afstånd från hvarandra, så inses lätt, huru det kan vara möjligt att genom insättande för en kort stund af dessa proppar i motsvarande bokstafshål på den ena stationen åstadkomma gasblåsor å den andra och sålunda där angifva motsvarande bokstafstecken. För att påkalla den anropade stationens uppmärksamhet hade Sömmering äfven konstruerat en liten signalinrättning, bestående af en tvåarmad häfstång, hvars ena arm låg i glaskärlet C_4 och där var försedd med en omvänd sked, och hvars öfriga beskaffenhet och verkningssätt antydes af fig. C_2, C_3 samt ringapparaten D.

Strax sedan uppfinningen var gjord, framlade Sömmering för akademien i München sin telegraf och kort därefter (d. 5 dec. 1809), genom öfverinspektorn för den franska arméens medicinalväsen Larrey, för institutet i Paris; men hvarken här eller i Tyskland rönte den något gynnsamt mottagande, vare sig af vetenskapsmän eller s. k. praktiskt folk. Detta oaktadt fortsatte Sömmering sina försök och utförde verkligen en telegraf, sådan som omständigheterna medgåfvo. Han telegraferade den 4 februari 1812 med en trådlängd af 1,255 m., den 15 mars med en af 3,138 m. med lika lycklig utgång, och så länge Sömmering var i München (till 1820), hade många besökande tillfälle att bevittna den nu redan tämligen gamla uppfinningens verkningar. Mera angelägen att se sin uppfinning allmännare begagnad än att däraf skörda pekuniär vinst, var den lärde mannen beredvillig att åt andra lämna modell på sin telegraf, och sålunda kom äfven, genom det ryska sändebudet grefve Potocki, en sådan till Wien, där kejsaren, synnerligt tillfredsställd af resultatet, ville åvägabringa en telegrafförbindelse mellan hufvudstaden och Laxenburg. En annan modell medtog den bekante luftseglaren Robertson till Paris, en tredje kom till Genève.

Men ingenstädes visade sig någon företagsamhet i saken. Man hade för tillfället icke något omedelbart behof af ett så hastigt förbindelsemedel, och den första egentliga anledningen, kriget, fanns ej mer. Den lärda världen åter, som genom Larreys berättelse i läkarsällskapets bulletiner fått kännedom om galvanismens framgångsrika användning, ansåg, såsom så ofta är fallet, sitt intresse fullständigt tillfredsställdt endast genom frågans lösning. Alexander von Humboldt, Karl Friedrich Gauss och Schweigger äro nästan de enda, om hvilka vi känna att de ha ägnat den Sömmeringska apparaten någon verklig uppmärksamhet.

Den sistnämnde åstadkom en väsentlig förbättring af Sömmerings uppfinning, genom att låta gasutvecklingen pågå olika lång *tid* för olika bokstafstecken, äfvensom genom att bilda sådana medelst omkastning af strömmens riktning. Genom kombinering

af dessa båda sätt lyckades Schweigger nedbringa det för telegraferingen erforderliga trådantalet från 24 till endast 2, hvarigenom också anläggningskostnaden för ledningen kunde högst betydligt förminskas, till långt under kostnaden för en optisk linie. Schweigger tillkommer sålunda äran att först ha för telegrafering användt bokstafstecken, sammansatta enligt ungefär samma grunder som de nu hufvudsakligast använda.

Händelsen ville, att ett ryskt statsråd, baron Schilling von Cannstadt, tillhörande beskickningen i München, blef så intagen af den Sömmeringska telegrafen, att han snart sagdt betraktade dess utförande i stort som sitt lefnadsmål. Sömmering och Schilling blefvo förtroliga vänner; ty värr blef dock den senare redan i juli 1812 i följd af de politiska förhållandena återkallad till Petersburg, och det gemensamma sträfvandet led genom nu inträffande världshändelser ett störande afbrott. Det oaktadt var Schilling ej overksam. Då den elektriska strömmens inverkan på en magnetnål upptäcktes af Örsted i Köpenhamn, sökte han strax för telegrafien tillgodogöra detta den elektriska strömmens sätt att verka, och härmed inträder den elektriska telegrafen i ett nytt skede.

Fig. 478. Magnetnålens afvikning under inverkan af elektrisk ström.

Fig. 479. Afvikningens ändring då strömmen ändrar riktning.

Nåltelegrafen. Örsted tillkommer äran att (år 1819) ha upptäckt den elektriska strömmens inverkan på en magnetnål. Om strömmen från ett litet galvaniskt element (fig. 478) ledes i ena riktningen öfver och i den andra under en rörlig nål, så samverka båda strömriktningarna till att vrida nålen, så att dess magnetiska axel kommer vinkelrätt mot strömbanans plan. Detta motverkas emellertid af jordmagnetismen, som sträfvar att kvarhålla nålen i den magnetiska meridianen, och resultatet blir därför, att nålen intager en viss mellanställning mellan båda dessa riktningar (fig. 479 *a*, *b*). Åtskilliga förslag framställdes nu af Schilling, Ampère och Ritchie m. fl. att använda magnetnålens afvikning för erhållande af telegrafteeken. Ampère upptäckte, att ett stycke vanligt järn blir magnetiskt, så snart en elektrisk ström ledes omkring detsamma. Alla använde ett stort antal trådar, men Schilling inskränkte 1832 trådantalet till två, och därigenom erhöll problemet att på ett praktiskt sätt åstadkomma en elektrisk telegraf af detta slag sin första lösning. År 1820 hade Schweigger funnit, att strömmens verkan på nålen ökas, om den får gå omkring nålen flera gånger i stället för blott en eller en half gång. På grund häraf konstruerade han sin *multiplikator*, som sedermera fick namn af *galvanometer* och hvars beskaffenhet i sin ursprungliga form framgår af fig. 480. Fechner i Leipzig, Davy och Alexander i England utförde likaledes telegrafer efter åtskilliga system, hvilka dock alla blifvit obemärkta. Professor Gustaf Svanberg i Uppsala införskref år 1835 erforderliga apparater enligt Gauss' system, i afsigt att åvägabringa en telegrafledning mellan observatorierna i Stockholm och Uppsala. Tillgångar saknades likväl att förverkliga denna idé, och det var således

Fig. 480. Multiplikator.

endast en penningfråga, som beröfvade Svanberg äran att för telegrafering på längre afstånd först ha begagnat elektrisk telegrafapparat i Sverige. Gauss och Weber hade nämligen två år förut mellan observatoriet och fysikaliska kabinettet i Göttingen anordnat en telegrafledning, grundad på magnetnålens afvikningar, och därmed kombinerat ett chiffersystem, så att de kunde tillskicka hvarandra depescher. Såsom telegrafapparat användes den af Gauss uppfunna *spegelgalvanometern* med blott en enda nål (hvarom mera längre fram). Oaktadt sin ändamålsenliga inrättning ledde dock deras telegraf ej till något resultat; men den har sitt intresse såsom *världens första elektriska telegrafanläggning*.

Schilling hade emellertid dragit sig tillbaka till sina gods och sysselsatte sig där med den elektromagnetiska telegrafens fullkomnande. Tiden, när han uppfunnit sin telegrafapparat, är ej med visshet känd. Offentligt uppträdde han första gången därmed den 23 september 1835 på ett naturforskare- och läkaremöte i Bonn, och det var genom ordföranden i afdelningen för fysik och kemi vid detta möte, professorn i fysik Muncke från Heidelberg, som den Schillingska elektromagnetiska telegrafen blef närmare känd, då Muncke sedermera på sina föreläsningar inför ett stort auditorium anställde försök därmed. Principen för denna apparat hämtade Schilling från den Schweiggerska multiplikatorn. Genom utslag af fem magnetnålar telegraferades tal, hvilkas betydelse angafs af ett sifferlexikon. Muncke telegraferade med en sådan apparat, hvars tråd genomlopp flera salar.

En af ofvannämnda föreläsningar bevistades af en engelsman, William Fothergill Cooke, som enligt eget erkännande ej hade den ringaste idé om fysikaliska experiment. Genom en landsman gjord uppmärksam på den nya uppfinningens märkvärdiga verkningar och öfverraskad af det förvånande resultatet lät han, då tanken på ekonomisk vinst genast uppstod hos honom, förfärdiga en modell af den Schillingska telegrafen och begaf sig därmed till London. Detta inträffade år 1836, intill hvilken tid engelsmännen ej hört synnerligt mycket om den elektriska telegrafen eller åtminstone ej lagt synnerligt märke till hvad de därom hört. Cooke tog saken från den rätta sidan. Han vände sig först till Faraday och, sedan han blifvit af honom afvisad, till den berömde fysikern Wheatstone, förelade honom den »Mönckeska telegrafen», såsom han af obekantskap med uttalet af namnet Muncke kallade honom, och föreslog, att de skulle gemensamt verka för den elektriska telegrafens införande i England (27 februari 1837). Wheatstone och Cooke träffade äfven en öfverenskommelse och togo i maj 1837 tillsammans patent på en *förbättring* (improvement) af den elektriska telegrafen. Det första större försöket gjordes den 25 juli, då man telegraferade medelst en flera engelska mil lång tråd, som till en del var spänd flera hvarf fram och tillbaka i en stor byggnad, till en del utefter Birminghamjärnvägen från Euston Square till Camden Town.

Försöket lyckades på ett utmärkt sätt, och den elektriska telegrafen blef nu det allmänna samtalsämnet för dagen. Deras telegraf användes vid Great-Westernbanan på en sträcka af öfver 60 km. England var således det första land, som använde den elektriska telegrafen på längre afstånd. Namnen Cooke och Wheatstone voro i allas mun, men ingen tänkte på den egentlige uppfinnaren, som dog just vid denna tid (den 6 augusti), sannolikt utan att ha någon aning om följderna af sin uppfinning. Hade Schilling fått lefva längre, skulle telegrafväsendets utveckling på kontinenten säkerligen gått betydligt hastigare, än som nu skedde. Särskildt blef utförandet af en ledning, hvarmedelst han öfver Finska viken ville sätta Kron-

stadt i telegrafisk förbindelse med Peterhof, i följd af hans död uppskjutet till en obestämd framtid.

Om engelsmännen ansågo Wheatstone och Cooke för telegrafens uppfinnare, bör detta kanske mera tillskrifvas en förlåtlig nationalfåfänga än ett af Wheatstone själf gjordt anspråk. Tvärt om betecknar den utmärkte vetenskapsmannen i den beskrifning, som bifogades patentansökningen, uttryckligen sitt verk blott som en förbättring. Den Schillingska telegrafen hade fem horisontalt svängande magnetnålar, af hvilka hvar och en uppbar en liten lodrätt stående, på båda sidorna olika betecknad pappersskifva. I hvila vände denna skifva sin skarpa kant mot betraktaren och blef först synlig, när nålen i följd af strömmen afvek åt någondera sidan. Med de

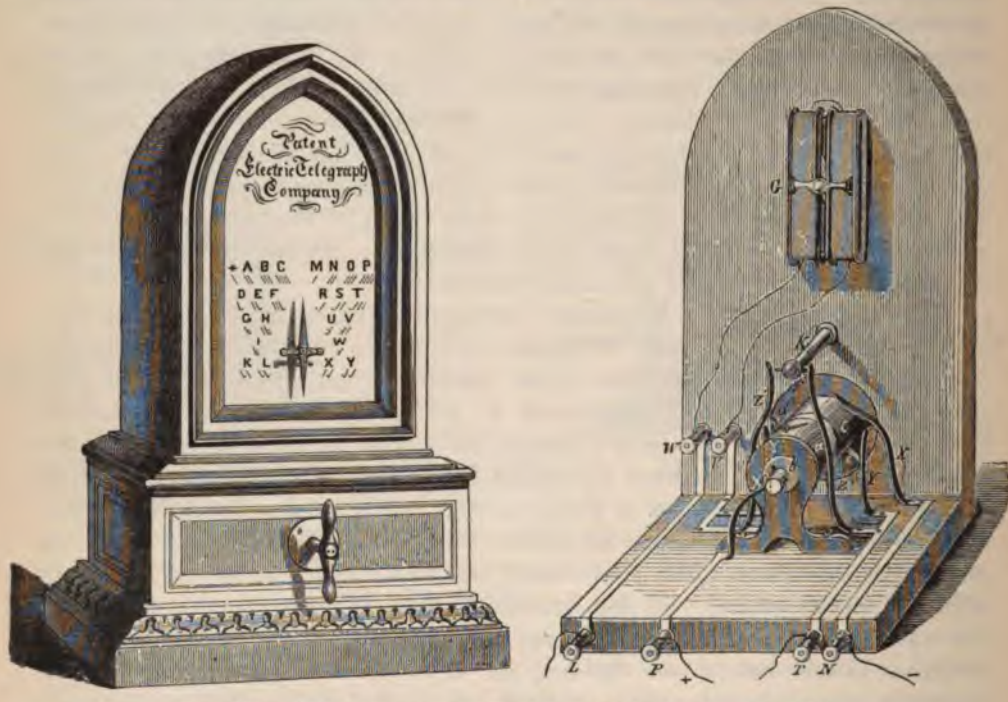


Fig. 481. Wheatstones och Cookes enkelnåltelegraf. Framsida. Fig. 482. Inre mekanism.

sålunda åstadkomna tio tecknen kunde man sammansätta ett stort antal kombinationer, hvar och en med sin särskilda betydelse. Wheatstone gaf nålarna en *vertikal* ställning och ordnade dem bredvid hvarandra så, att strömmen medelst en klaviatur alltid fördes till två af dem, och dessa konvergerade emot hvarandra uppåt eller nedåt, alltefter omständigheterna. Men då dessa femnålstelegrafer ännu voro för obekväma, upptogo Wheatstone och Cooke det Gauss-Weberska systemet med en enda nål, så att hvarje bokstaf, som skulle telegraferas, betecknades genom antal och riktning af nålens svängningar.

Fig. 481 och 482 visa anordningen af Wheatstones och Cookes enkelnåltelegraf. Den synliga visaren står i förbindelse med nålen inuti fodralet, hvilken genom en vertikalt stående multiplikator bringas att gifva utslag. För att apparaten skall kunna ej allenast mottaga utan äfven gifva tecken, är handtaget (nyckeln) på

sådant sätt satt i förbindelse med batteriet eller med en induktionsapparat, att genom dess vridning åt ena eller andra sidan åstadkommes en ström, som på samma sätt vrider magnetnålen på den andra stationen, eller, med andra ord, handtagets och nålens rörelser följas åt. Chiffersystemet är tecknadt på framsidan af fodralet, och man ser däraf, att en afvikning till vänster betyder »gif akt!», en till höger *m*, två till vänster *a*, tre till vänster *b*, fyra till vänster *c*, två till höger *n*, tre till höger *o*, fyra till höger *p*, en till vänster och en strax därpå åt höger *d*, två till vänster och en till höger *e*, först en till höger och så en till vänster *r* o. s. v. För att kontrollera telegraferingen låter man i allmänhet magnetnålen arbeta äfven för utgående ström.

En förändring af denna enkla apparat utgör den af samme patentinnehafvare sedermera konstruerade så kallade *dubbelnåltelegrafen*, som i grunden ej innehåller något nytt men har två nålar och erbjuder den fördelen, att man med tre afvikningar kan gifva lika många tecken som förut med fyra. Fig. 483 åskådliggör inrättningen af det chiffersystem, som härvid följes. Man låter stället, där den åsyftade bokstafven står, betecknas af utslagets riktning men däremot utslagets återupprepande angifva bokstafven. Ett enkelt utslag af den vänstra nålen åt vänster betyder alltså +, tecknet för gif akt! eller för afslutningen af ett ord, ett dubbelt till vänster betyder *a*, ett trefaldigt till vänster *b*, däremot ett trefaldigt utslag till vänster af den högra nålen *k* o. s. v. De öfre tecknen åstadkommas med endera nålen, de undre med båda tillsammans. Största olägenheten är, att denna apparat fordrar två linietrådar.

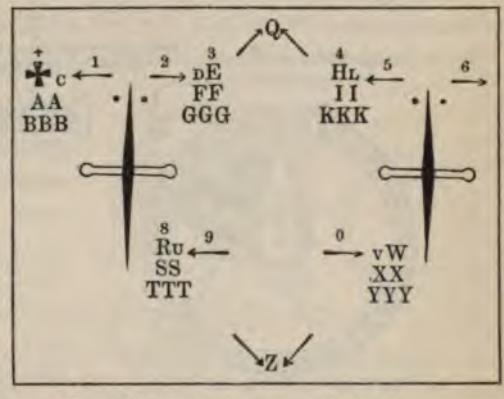


Fig. 483. Wheatstones och Cookes dubbelnåltelegraf.

Telegraferingen med nålar hade två olägenheter: för det första kunde den endast utföras af personer, som lärt sig det tillhörande alfabetet, så att de kunde fort läsa och skrifva detsamma; för det andra var man, då telegrafen ej gaf något varaktigt tecken, i afseende på säkerhet och noggrannhet beroende af den mottagande tjänstemannens uppmärksamhet. Hufvudsakligen för att afhjälpa sistnämnda olägenhet uttänkte professor Steinheil i München, som från början mycket sysselsatt sig med telegrafi, en *skriftelegraf*. Ännu innan Wheatstone och Cooke utfört sitt första större försök, hade Steinheil sin nya apparat färdig (i medlet af juli 1837). Han hade anlagt en ledning från sitt hem vid Lerchenstrasse till vetenskapsakademiens hus och därifrån till observatoriet i Bogenhausen. Trådarna gingo ofvan jord, dels på stolpar, dels öfver hustaken. Magnetnålarna voro i ändarna försedda med små färgpenslar eller koppar, från hvilka färgen utsipprade, och tryckte vid sitt utslag mot en pappersremsa, som framdrefs af ett urverk med likformig hastighet. Äfvenså gjorde Steinheil signalerna hörbara genom att låta nålarna slå mot små klockor af glas eller metall. Steinheils förnämsta förtjänst om telegrafen var emellertid hans upptäckt (år 1838), att blott *en* metalltråd är behöflig för framledande af elektricitet och att jorden mycket väl kan användas i stället för den andra tråden. Denna upptäckt var af största betydelse för telegrafens vidare utbredning, ty den

medförde en högst betydande nedsättning i kostnaden för telegrafledningars anläggande. Steinheil försökte först använda skenorna å en järnväg som återgångsledning, och det var därvid han fann, att ej heller de voro behöfliga utan att jorden kunde tjänstgöra såsom sådan. För att förmedla strömmens öfvergång till jorden låter man ledningstråden afslutas med en stor kopparplåt, som nedgräfves i fuktig mark.

Nåltelegrafapparater af olika system hafva hufvudsakligen kommit till användande i England och äro därstädes ännu i dag till stort antal i bruk, mest på grund af sin stora enkelhet och därför att de erfordra endast svaga strömmar, hvilket å längre ledningar är till fördel äfven hvad telegraferingshastigheten beträffar.

Visaretelegrafen. Emellertid hade Wheatstone fått den lyckliga idéen att låta den elektriska kraften verka på ankaret i ett urverk, som drogs af lod eller fjäder och genom strömmens slutande och afbrytande kunde sättas i gång eller bringas att stanna. Därmed var *visaretelegrafen* uppfunnen. På en sådan visaretelegraf efter Wheatstones idé hade Davy den 4 januari 1839 tagit patent; men den befanns

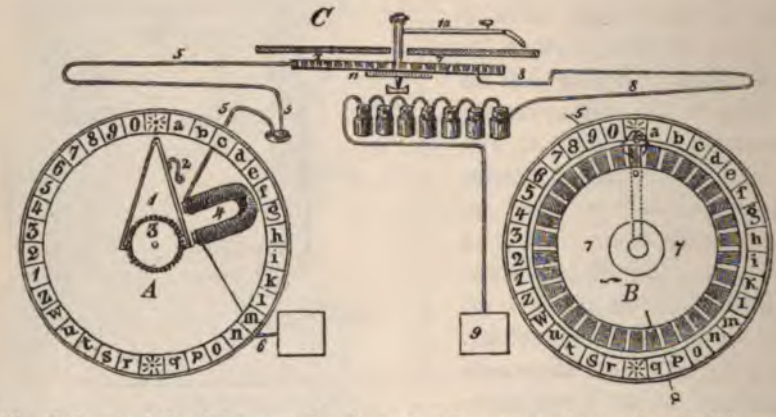


Fig. 484. Taflorna på den Wheatstoneska visaretelegrafens mottagnings- och afsändningsapparater.

alltför invecklad och ersattes året därpå af en ändamålsenligare, af Wheatstone själf utförd konstruktion. På denna apparat vände sig visaren öfver en med bokstäfver och siffror försedd tafla och hopstafvade sålunda bokstaf för bokstaf det önskade meddelandet, i det han bragtes att stanna ett ögonblick öfver hvarje åsyftadt tecken. Därför kallas också dessa i England ännu brukliga apparater Wheatstoneska visaretelegrafer (vanligast »Wheatstone A. B. C.»).

Då ifrågavarande apparat tjänat till utgångspunkt för en hel klass af telegrafer, torde några ord om dess ursprungliga inrättning här vara på sin plats.

Medan nåltelegrafens hufvuddel utgöres af en magnetnål, som påverkas af den elektriska strömmen, består visaretelegrafen väsentligen af ett stycke, med isolerad ledningstråd omlindadt, mjukt järn, som genom strömmens inverkan förvandlas till en magnet (*4* fig. 484). Genom att omväxlande sluta och öppna den elektriska strömledningen, i hvilken denna s. k. *elektromagnets* trådlindning är insatt, blir ett framför magnetens poler befintligt järn, *ankaret*, ömsom attraheradt och åter lössläppt, hvarigenom alltså en dubbel rörelse åstadkommes, som på olika sätt kan användas till frambringande af tecken.

Hufvuddelarna af denna telegrafapparat afbildas i fig. 484. *A* är där mottagningsapparaten, som i sin periferi innehåller 22 bokstäfver (x och y fattas; v och w utmärkas med samma tecken) och 10 siffertecken, mellan hvilka öfverst och underst små stjärnor äro insatta. Taflan *C* tillhör afsändningsapparaten (är i *B* tecknad i plan) och kan föras omkring medelst vefven 10, medan visaren på *mottagningsapparaten* endast kan flyttas genom strömledningens öppnande och slutande. Visaren till taflan *A* sitter nämligen vid en genom skifvans medelpunkt gående rörlig axel, hvilken, i likhet med visaraxeln på ett ur, invändigt har ett steghjul, hvaruti ett ankare på båda sidor ingriper. Ankarets tänder äro så ställda, att alltid den ena ingriper i hjulet och under ankarets fram- och återgående framflyttar hjulet en kugge hvarje gång. Principen för denna steghjulsanordning framgår tydligt af fig. 485.

Så ofta en ström går fram genom tråden, blir järnkärnan till elektromagneten magnetisk, ankaret attraheradt och det af en tyngd åverkade steghjulet *3* rycker en kugge framåt. Då strömmen afbrytes, trycker fjädern *2* ankarets högra skänkel från den nu ej längre magnetiska järnkärnan, hvarvid hjulet framskjutes ytterligare en kugge. Hvarje ström åstadkommer alltså ett framryckande af två kuggar, och då hjulet har dubbelt så många kuggar (i detta fall 68) som de på skifvan anbragta tecknen, förflyttar sig den med hjulet *3* förbundna visaren på mottagningsstatione för hvarje strömstöt en bokstaf framåt.

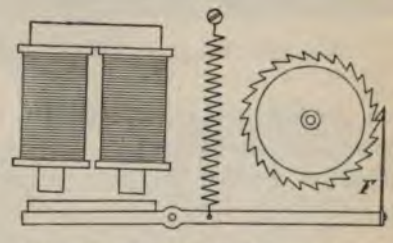


Fig. 485. Steghjulsrörelse medelst elektromagnetisk ankargång.

I följd af den fullkomliga motsvarigheten mellan mekanismerna å afsändnings- och mottagningsstationerna återgifvas å den senare alldeles samma bokstäfver, som signaleras å den förra.

Afsändningsapparatens inrättning visas, som nyss nämndes, i plan (*B*) och i genomskärning (*C*). I den senare föreställer *7* en kopparskifva, hvars omkrets har 34 tänder, så att den ström, som går genom den därpå släpande ledaren *5*, vid hvarje hvarf af skifvan afbrytes 34 gånger. Mellanrummen mellan tänderna äro utfyllda med trä, horn, elfenben eller något dylikt ej ledande ämne. Strömmen går från batteriet genom tråden *8* till kopparskifvan och föres således, då ledaren *5* träffar en metalltand, vidare genom linietråden till elektromagneten *4* å motsatta stationens apparat. Sedan den genomlöpt dennas lindningar, fortsätter den genom tråden *6* till jordplåten. Hvarje framryckande af vefven *10* och på samma gång af skifvan en tand motsvaras således af visarens framskridande en bokstaf å mottagningsapparatens skifva. För att efter behag kunna telegrafera åt det ena eller andra hållet från en mellanstation begagnas s. k. *strömomkastare*. För öfrigt äro apparaterna försedda med väckare och andra hjälpmedel, på hvilkas närmare beskrifning vi dock ej kunna inlåta oss. Numera förses Wheatstones A. B. C.-apparat oftast med induktor, som tjänstgör i stället för batteri på samma sätt som i Siemens' här nedan beskrifna visaretelegraf. Äfven i öfrigt har den efter hand alltmera förbättrats.

Visaretelegrafer finnas för öfrigt i många andra konstruktioner. Af dessa vilja vi här till närmare beskrifning upptaga endast tvenne, nämligen Breguets och Siemens'.

Breguets apparat framställes i fig. 486, 487 och 488. Fig. 487 torde ej erfordra någon förklaring. På fig. 486 är *E E* elektromagneten, hvilken genom sin

periodiska magnetisering attraherar det på axeln $O\,O'$ rörliga järnstycket A, som, då strömmen i elektromagnetens lindningar upphör, åter lössläppes. Detta ankares rörelser öfverföras genom häfstången L till steghjulet, som är så inrättadt, att det vid hvarje rörelse af ankaret vrider sig en kugge. Steghjulet får sin rörelse af ett urverk, som ej syns på figuren. På andra sidan sitter visaren å en axel.

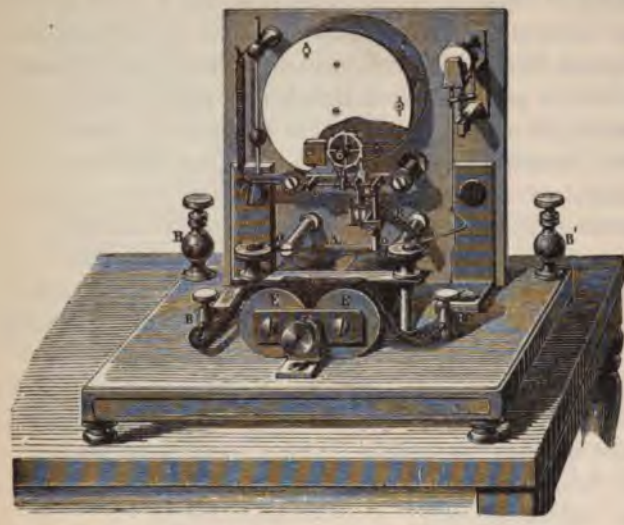


Fig. 486. Breguets visaretelegraf; inre mekanism.

Den apparat, hvarmed tecknen gifvas, *manipulatorn*, är framställd i fig. 488. Dess hufvuddel är häfstången $A\,B$, som är rörlig omkring punkten O och vid änden B står i ledande förbindelse med telegraftråden L, hvilken slutar i omkastaren N. Midt emot den andra armen A står ett metallanslag P', som genom tråden P är förbundet med batteriet. Ligger änden af häfstången A an mot P', är, då den andra änden B fortfarande står i ledande förening med telegraftråden L, ledningen sluten och strömmen har fri gång genom linien. Men så snart A åter lösgöres från

Fig. 487. Breguets visaretelegraf; framsidan.

Fig. 488. Manipulatorn.

P, afbrytes strömmen, och detta inträffar hvarje gång, då änden B, hvilken af ett stift föres i en vågformigt slingrande ränna, som å sin sida står i förening med vefven M, kommit midt i fördjupningen mellan ett par vågor eller intar just det läge, som figuren utvisar. Sådana fördjupningar har rännan lika många, som taflan innehåller bokstäfver eller andra tecken, och det är sålunda tydligt, att strömmens

omväxlande slutning och afbrytning skall angifva samma bokstäfver å den andra stationens mottagningstafla, som här angifves medelst manipulatorn.

Siemens' visaretelegraf konstruerades redan 1846 och patenterades året därpå, men omarbetades fullständigt 1856, samma år då Siemens uppfann sin berömda magnetinduktor. Samtidigt därmed kom han nämligen på den tanken att använda denna apparat som afsändningsinstrument för sin visaretelegraf, hvars mottagningsapparat jämväl undergick väsentliga förbättringar.

Denna apparats hufvudsakliga anordning är redan förut beskrifven å sid. 35, 36 och visad i fig. 38—41. Vi behöfva därför här endast tillägga några ord med hänseende till apparatens användande för telegraferingsändamål. På öfre änden af ankaret E finnes ett mindre kugghjul T, som växlar in uti ett större hjul, hvilket åter sitter på samma axel som vefven H. När denna kringföres, kommer ankaret E att rotera med en hastighet, som på grund af utväxlingen är många gånger större än den, hvarmed vefven H kringvrides. Därvid uppstår uti ankarets lindningstråd genom

Fig. 489. Ankare och steghjul i visaretelegrafens mottagningsapparat.

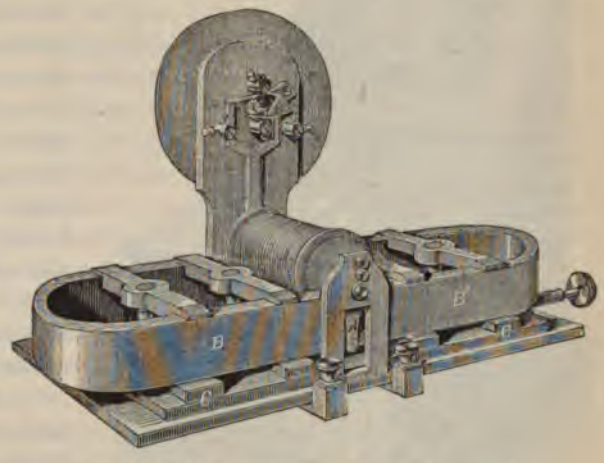


Fig. 490. Mottagningsapparaten till Siemens' visaretelegraf.

induktion en serie strömmar af alternerande positiv och negativ riktning och alla af samma tidslängd. Hvarje sådan ström börjar, när ankaret under sin rotation kommer i sådant läge, att sammanbindningslinien mellan tvenne motliggande magnetpoler är vinkelrät mot lindningshvarfvens plan, och upphör, då ankaret nästa gång kommer i enahanda läge, d. v. s. efter ett halft hvarfs rotation, i hvilket ögonblick den påföljande strömmen i motsatt riktning begynner. Omedelbart under vefven H finnes en horisontal, cirkelrund metallskifva, hvilken vid sin omkrets uppbär en uppstående kant, försedd med hak, invid hvilka äro i ordning ingraverade alfabetets bokstäfver samt enhetssiffrorna.

Aftelegraferingen tillgår så, att vefven hastigt kringföres medsols och hejdas ett ögonblick vid hvart och ett af de hak, invid hvilka bokstäfverna uti det ord, som skall aftelegraferas, återfinnas.

Mottagningsapparaten är afbildad i fig. 490. B och B_1 äro tvenne stålmagneter, mellan hvilkas poler järntungan A kan röra sig. Denna utgör polförlängning till elektromagnetrullens järnkärna. Andra änden af samma järnkärna

uppbär en gaffel, som visas i större skala i fig. 489 och där betecknas med *D*, medan magnetrullen synes kring tungan *A*. Genom induktionsströmmarna i trådlindningarna blir denna tunga omväxlande nord- och sydmagnetisk samt kommer tillika med den vertikala gaffeln att oscillera åt ena och andra sidan, lika fort som ombyte af strömriktning äger rum. På gaffeln finnas två lamellfjädrar *e* och *e'* (fig. 489), hvilkas fria ändar gripa in i tänderna på hjulet *f*. För hvarje svängning åt vänster vrider fjädern *e* hjulet så mycket, att haken på *e'* glider öfver en tand och griper framför den. När gaffeln sedan svänger åt höger, vrider fjädern *e'* åter igen hjulet något litet, så att haken på *e* framflyttas en tand o. s. v. Sålunda sättes hjulet *f* i rörelse; på dess axel är fästad den visare, som angifver hvilka bokstäfver som aftelegraferas.

Utväxlingen vid induktorn är så afpassad, att ankaret vrides ett halft slag, under det vefven *H* flyttas från en bokstaf till den närmast därpå följande. Därvid uppkommer alltså *en* induktionsström, som går ut på linien och påverkar elektromagneten på mottagningsstationen. Tungan *A* kastas öfver åt ena eller andra hållet, och visaren flyttas följaktligen *ett* steg, d. v. s. från en bokstaf till den närmast följande. För hvarje steg vefven framflyttas kommer alltså visaren å andra stationen att äfvenledes framflyttas en bokstaf, d. v. s. visaren å mottagningsstationen utför samma rörelser som vefven å afsändningsstationen.

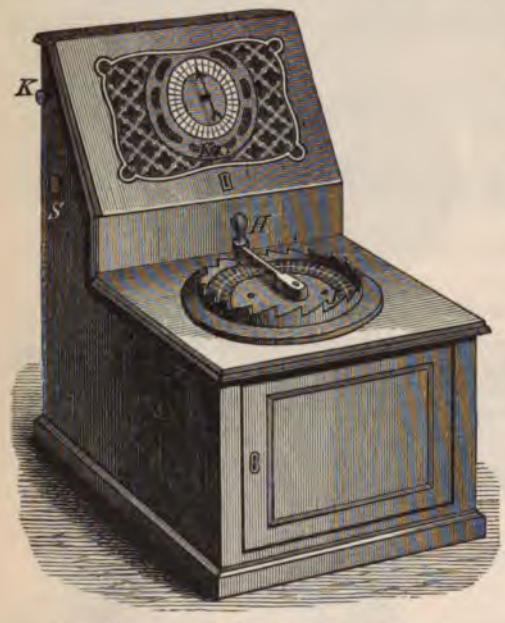


Fig. 491. Siemens' visaretelegrafapparat.

Mottagningsapparaten är i allmänhet försedd med en elektrisk ringklocka, å hvilken lystringssignal gifves, innan telegraferingen börjar. Äfvenså är hvarje sådan apparat så inrättad, att visaren medelst en enkel åtgärd kan inställas i sitt begynnelseläge, på tecknet +, samtidigt med att vefven är ställd på samma tecken. Fig. 491 framställer en fullständig visareapparat.

Siemens' visaretelegraf har vunnit en vidsträckt användning, i synnerhet vid järnvägarna, så väl i utlandet som i Sverige. På senare tiden hafva de emellertid alltmera måst lämna rum för Morse-apparater, hufvudsakligen af det skäl, att telegraferingen med visareapparater ej kan kontrolleras.

Ett långsamt arbete vid visaretelegrafering kräfver visserligen ej afsevärd öfning, men för att vinna färdighet erfordras lika stor öfning som för inlärande af telegrafering på Morse-apparater och flera nyare inrättningar. Emellertid är tiden, som åtgår för afsändning af ett telegram, jämförelsevis stor, då vefven blott får röras i en riktning och, för att nå en i alfabetet bakom liggande bokstaf, måste föras rundt omkring hela taflan. Skall t. ex. ordet *Amor* telegraferas, är det visserligen nog att öfverfara taflan en enda gång; telegrafisten stannar först på *A*,

låter därefter vefven, medan han afbryter strömmen 11 gånger, framrycka till *M* och hvilar här åter ett ögonblick, går därefter till *O* och slutligen till *R*. Men omvändt, om ordet *Roma* skall telegraferas, måste han först föra vefven till *R*, därpå genomlöpa hela omkretsen till *O*, därefter åter i det närmaste fullborda ett helt omlopp för att komma till *M* och slutligen, efter att 4 gånger ha fört vefven omkring hela taflan, stanna vid *A*. Denna tids- och kraftödande besvärlighet vid visaretelegraferingen har mycket bidragit att bereda Morse-telegrafen det gynnsamma mottagande, som kommit densamma till del.

Morses telegrafsystem. Det berättas, att Samuel Morse redan år 1832 under en resa från Europa till Amerika ombord på skeppet Sully uppfunnit sin elektromagnetiska telegraf. Morse, en infödd amerikan och född i Charlestown (Massachusetts) den 29 april 1791, hade varit i Europa för att utbilda sig till målare och ägde då föga insikt i fysik. En af passagerarne, en dr Jackson från Boston, hvilken stundom underhöll sällskapet ombord med experiment med en elektromagnet och en Voltas stapel, hade möjligen hos Morse väckt tanken på en elektromagnetisk telegraf. Morses bemödanden att realisera denna tanke förblefvo emellertid rätt länge resultatlösa, och det var först år 1837 som de försök, hvilka han sedan ett par år tillbaka anställt tillsammans med professorn i kemi dr Gale, och för hvilka han, då den amerikanska regeringen ville inrätta optiska telegraflinier, skaffat sig patentskydd, fortskridit så långt, att de kunde framläggas för allmänheten. I september månad detta år förevisade Morse nämligen sin första telegrafapparat i New-York. Elektromagneten i denna apparat hade en vikt af 79 kg., och härutaf kan man göra sig ett begrepp om inrättningens otymplighet. Denna stora tyngd härrörde hufvudsakligen däraf, att Morse använde så grof lindningstråd. Han ansåg, att tråden kring elektromagneten borde vara lika grof som linietråden. Hvar och en af elektromagnetens skänklar höll omkring 500 mm. i diameter och 100 mm. i höjd. Det första telegrammet, som afsändes, bestod af fem ord, och för att åstadkomma dem måste man afgifva 143 tecken. I detta sitt ofullkomliga tillstånd vann Morses telegraf föga sympati hos amerikanerna, hvilket bäst bevisas däraf, att uppfinnaren 1839 åter började med måleri och senare med daguerrotypi. Då slutligen den elektriska telegrafens användbarhet blifvit ådagalagd i England och Morse år 1840 betydligt förbättrat sin apparat, lyckades det honom i mars 1843 att erhålla ett anslag af 30,000 dollar för anläggande af en telegraflinie mellan Washington och Baltimore. År 1844 blef denna telegraflinie fullbordad, och den första depeschen genomlopp tråden den 27 maj. Men de då använda apparaterna voro ännu högst bristfälliga; först sedan Morse åter varit i Europa och 1845 medfört en modell från Frankrike, efter hvilken han ändrade sina apparater, kunde hans system vidare utvecklas och erhålla praktisk betydelse.

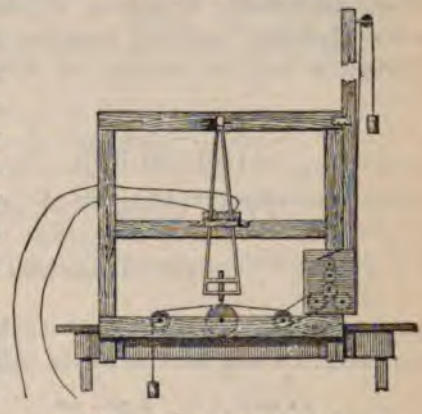
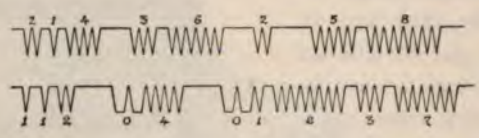


Fig. 492. Morses första skriftelegraf.

Det utmärkande för detta system är sättet för telegrafskriftens åstadkommande. Denna utföres nämligen medelst ett stift, som af ankaret till en elektromagnet föres fram och tillbaka och därunder tryckes mot en pappersremsa, så att märken (fördjupningar) uppkomma, olika sammansatta för de särskilda bokstafs- och siffertecknen.

Morses första telegrafapparat (fig. 492) var, som man ser, en ganska primitiv inrättning, sammansatt af ett gammalt målarstaffli. Skriften åstadkoms på det sätt, att stiftet å elektromagneternas ankare, då detta påverkades af strömmen, rörde sig fram och tillbaka *tvärs* öfver en pappersremsa, hvilken samtidigt af ett urverk fördes framåt med likformig hastighet. Härigenom uppkom å remsan en sicksackformig skrift, sådan som framställes i fig. 493 — det första telegram, som Morse lyckades felfritt afsända med sin apparat. Det system för teckenbildning, som Morse här använde, var ganska ofullkomligt, i det han lät det antal afvikningar, som stiftet gjorde, beteckna motsvarande siffror, hvarefter dessa öfversattes i ord med tillhjälp af en tabell eller ordbok.

Men samtidigt med förbättringarna å telegrafapparaten (1840) vidtog Morse äfven en grundlig förändring af sättet för teckenbildningen. Hvarje bokstaf och siffra utmärktes med sitt särskilda tecken, bestående af endast punkter och streck. Härigenom blef det möjligt att direkt aftelegrafera ord, och således undvika be-



214	successful
36	experiment
2	with
58	telegraph
112	september.
04	4
01837	1837.

Fig. 493. Morses första sicksackskrift.

gagnandet af ordbok. Det teckenalfabet, som Morse då sammanställde, är i hufvudsak detsamma som ännu användes, och hvilket här nedan återgifves:

a • —	k — • —	ü • • — —	1 • — — — —
b — • • •	l • — • •	v • • • —	2 • • — — —
c — • — •	m — —	w • — —	3 • • • — —
d — • •	n — •	x — • • —	4 • • • • —
e •	o — — —	y — • — —	5 • • • • •
é • • — • •	p • — — •	z — — • •	6 — • • • •
f • • — •	q — — • —	å • — — • —	7 — — • • •
g — — •	r • — •	ä • — • —	8 — — — • •
h • • • •	s • • •	ö — — — •	9 — — — — •
i • •	t —	ch — — — —	0 — — — — —
j • — — —	u • • —	ñ — — • — —	

Bråkstreck (/) — • • — • —	Apostrof (') • — — — — •
Punkt (.) • — • — • —	Alinea ([) • — • — • •
Semikolon (;) — • — • — •	Bindestreck (-) — • • • • —
Komma (,) • — • — • —	Parentes (()) — • — — • —
Citationstecken (») • — • • — •	Understrykningstecken • • — — • —
Kolon (:) — — — • • •	Åtskillnadstecken — • • • —
Frågetecken (?) • • — — • •	Väntningstecken • — • • •
Utropstecken (!) — — • • — —	Förstått • • • — •

Den form, i hvilken Morses telegrafapparat 1840 framträdde, var ungefär sådan som fig. 494 visar. Så snart en elektrisk ström af tillräcklig styrka genomgår elektromagnetens ($M\,M'$) lindningar, blifva de däruti befintliga järnkärnorna magnetiska och attrahera ankaret B. Därvid tryckes det å armen A befintliga stiftet mot pappersremsan P, hvilken medelst ett urverk och valsarna V och W frammatas och aflindas från rullen R. Stiftet åstadkommer då å pappersremsan längre eller kortare fördjupningar — streck eller punkter — beroende på den tid, ankaret förblifvit neddraget. På det att märkena efter stiftet skola blifva riktigt tydliga, är valsen W försedd med en rundtgående ränna midt för stiftet.

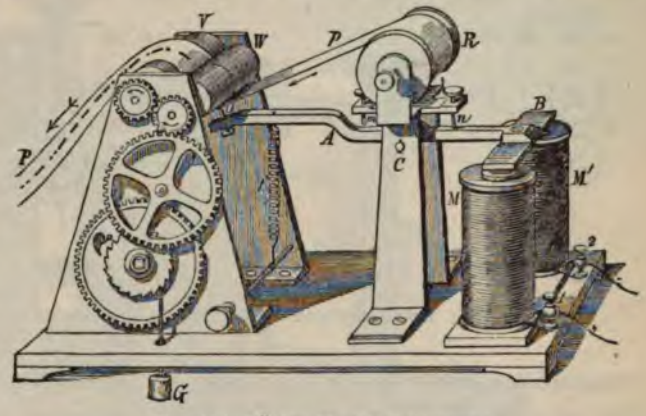


Fig. 494. Äldre Morse-skrifapparat.

Fig. 495 framställer det till apparaten hörande afsändningsinstrumentet, *nyckeln* eller *tangenten*. Den består af en tvåarmad metallhäfstång (f), rörlig kring en horisontal axel samt i sin ena ände försedd med en knapp af isolerande ämne såsom handtag. Uti sitt hviloläge (såsom i fig.) hålles häfstången af en fjäder (g) med sin kortare ände nedtryckt mot ett i bottenstycket (plinten) fästadt metalliskt anslag (s), *klacken*. Men då handtaget nedtryckes, lämnar häfstången sin beröring med klacken och bildar i stället kontakt med ett andra metallanslag (n), *städet*. För att erhålla fullt tillförlitliga kontakter äro så väl häfstång som klack och städ i anslagspunkterna belagda med platina eller silfver. Städet står genom en ledningstråd i förbindelse med batteriets ena pol, häfstången med linietråden och klacken med skrifmaskinens elektromagnetlindningar.

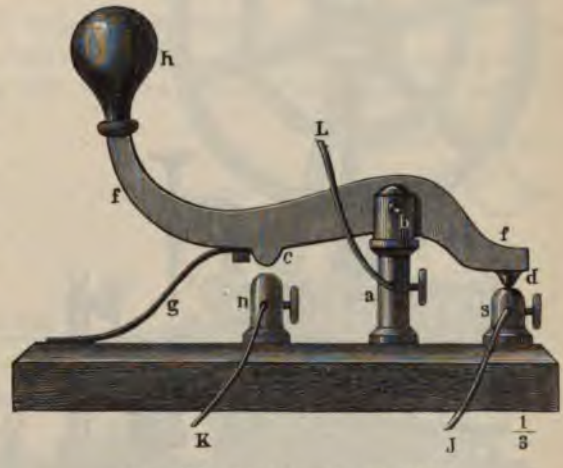


Fig. 495. Morses telegrafnyckel.

Det sätt, hvarpå en Morse-telegrafstation i sin enklaste form är inrättad, torde framgå af följande. Till höger om telegrafisten är nyckeln fastskrufvad i bordet, så att den må kunna bekvämt åtkommas med högra handen, och framför honom är skrifapparaten uppställd, på det att skriften å remsan må kunna utan svårighet afläsas, medan telegraferingen pågår. Vid telegrafering *till* stationen inkommer strömmen genom linietråden, passerar först *åskledaren*, som har till ändamål att skydda telegrafapparaterna mot verkningarna af atmosfärisk elektricitet (åska), går därefter

omkring magnetnålen i *galvanoskopet* och vidare öfver nyckelns häfstång och klack genom skrifmaskinens elektromagnetlindningar till jorden. Därvid påverkas elektromagnetens ankare, så att, då urverket, som framdrifver pappersremsan, är satt i gång, skrift å remsan uppkommer, hvilken af telegrafisten afläses och samtidigt nedskrifves. Vid telegrafering *från* stationen går strömmen från ena polen af batteriet till nyckelns städ och häfstång för hvarje gång den telegraferande nedtrycker denna med handen, och vidare genom galvanoskopet och åskledaren ut på linien. Galvanoskopnålen utvisar genom sin rörelse, om ström verkligen kommer ut på ledningen, eller om sådan af någon anledning uteblifver. Batteriets andra pol är ställd till jorden.

Fig. 496. Ledningsschema för två Morse-stationer.

För hvarje bokstaf, som aftelegraferas, måste den tjänstgörande nedtrycka nyckelns handtag lika många gånger, som bokstafven består af prickar eller streck — ett kort slag göres för hvarje prick och ett längre för hvarje streck. Mellan hvarje bokstaf göres ett kort uppehåll och mellan hvarje ord ett något längre. En öfvad telegrafist kan antagas i medeltal aftelegrafera ungefär 15 ord, hvarje med 5 bokstäfver, i minuten; dock kan telegraferingshastigheten ofta uppdrifvas betydligt därutöfver.

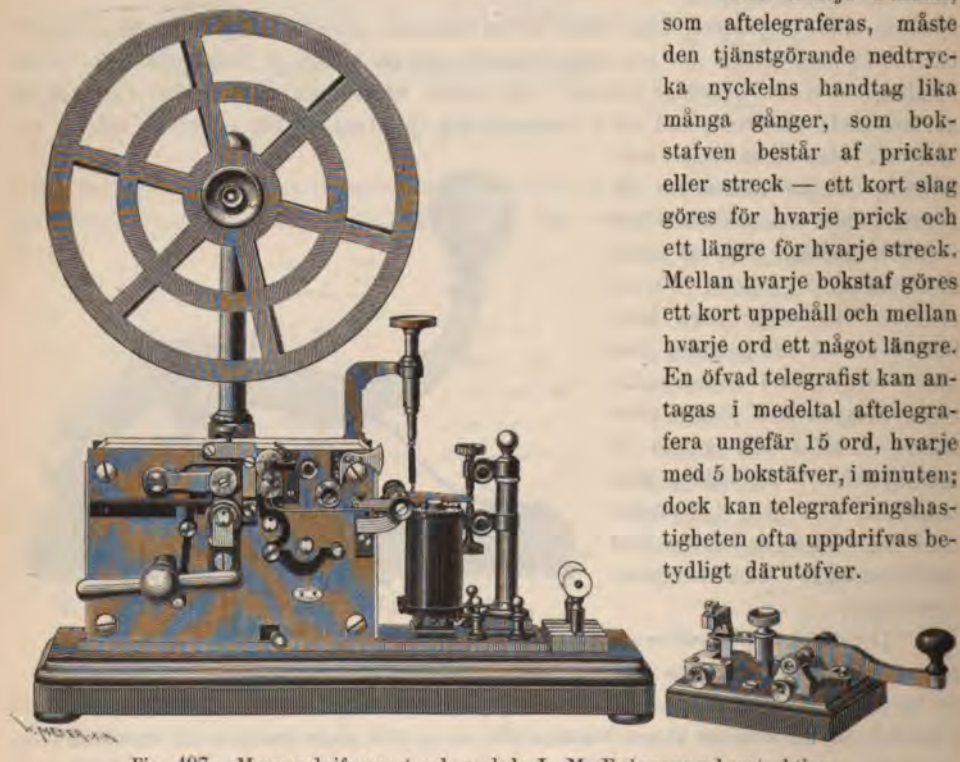


Fig. 497. Morse-skrifapparat och nyckel; L. M. Ericssons konstruktion.

Fig. 496 framställer ledningarnas anordning å två sinsemellan förbundna Morse-stationer. Åskledare och galvanoskop äro å figuren uteslutna.

Morses telegrafsystem har funnit användande i alla länder och är ännu det, som ojämförligt mest begagnas. Våra dagars Morse-apparater äro emellertid, ehuru grundade på samma principer som den nyss beskrifna, vida fullkomligare än denna. Det är i synnerhet fabriksfirmorna Siemens-Halske i Berlin och Digney & C:ie

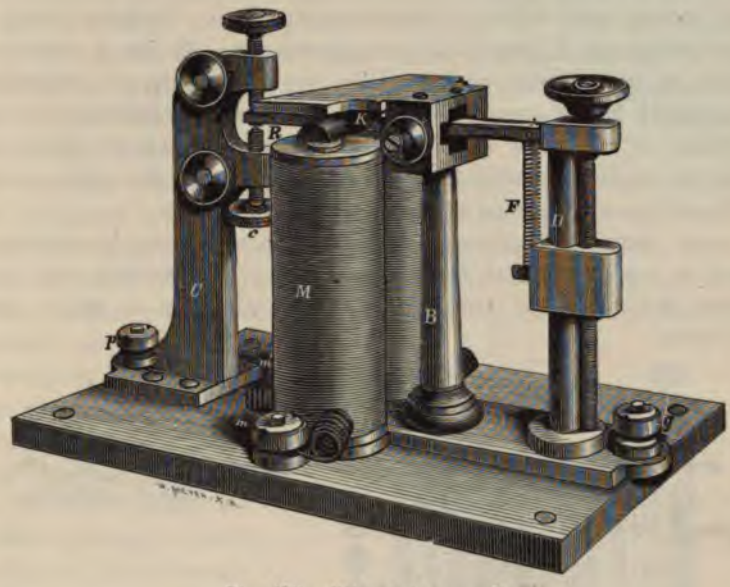


Fig. 498. Wheatstones relä.

i Paris, som infört förbättringar å ifrågavarande telegrafapparat. Den senare firmans modell jämte den af *L. M. Ericsson & C:o* i Stockholm konstruerade äro de, som hos oss mest användas. Fig. 497 visar en Ericssons telegrafapparat jämte tillhörande nyckel.

Den väsentligaste af dessa förbättringar består däruti, att skriften å remsan åstadkommes med färg, hvilket medför, dels att skriften blir lättare läsbar, dels att apparaterna gifva tydlig skrift för vida svagare ström, än förut var fallet. Med de äldre skrifapparaterna var det knappast möjligt att erhålla tydlig skrift på långa ledningar, så vida icke en hjälpapparat, ett s. k. *relä*, användes.

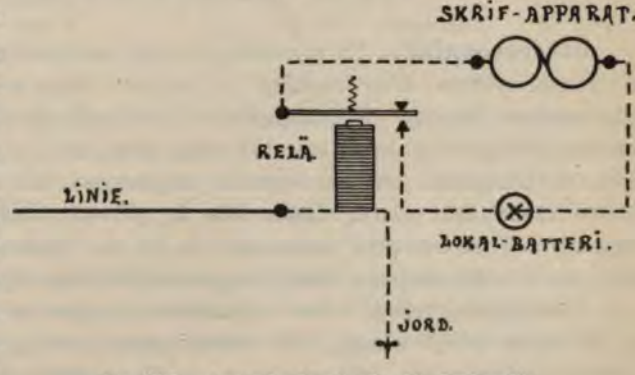


Fig. 499. Användande af relä vid skrifmaskin.

Reläet (fig. 498), uppfunnet af Wheatstone, är ingenting annat än en telegrafnyckel, hvars häfstång nedtryckes med tillhjälp af en elektromagnet i stället för med handen. Fig. 499 visar, huru ett relä tjänstgör som hjälpapparat vid en

skrifmaskin. Den från linien inkommande strömmen genomgår reläets elektromagnet och går därefter till jorden. Därvid neddrages reläets häfstång och träffar sitt stöd, så att strömmen från lokalbatteriet slutes genom skrifmaskinens elektromagnet, hvars häfstång alltså attraheras. Skrifapparatens häfstång kommer alltså att utföra precis samma rörelser som reläets, och denna i sin ordning samma rörelser, som utföras med nyckeln å afsändningsstationen. Fördelen af att använda relä är, att strömmen å linien kan vara ganska svag, då den ej behöfver uträtta annat arbete än att neddraga reläets ankare, och att sålunda ett jämförelsevis litet telegraferingsbatteri kan användas. Uti ledningskedjan för lokalbatteriet ingår intet annat motstånd än det, som finnes i skrifmaskinen, hvadan ett sådant batteri af endast några få element är tillräckligt för att frambringa tydlig skrift, hvilket å de gamla skrifapparaterna utan relä kräfde en ej obetydlig kraft.

De nyare färgskriftapparaterna kräfva i allmänhet icke användande af relä, dels emedan de, såsom förut är nämndt, påverkas af jämförelsevis svag ström, dels emedan deras elektromagneter vanligtvis äro så inrättade, att de kunna regleras för olika strömstyrka.

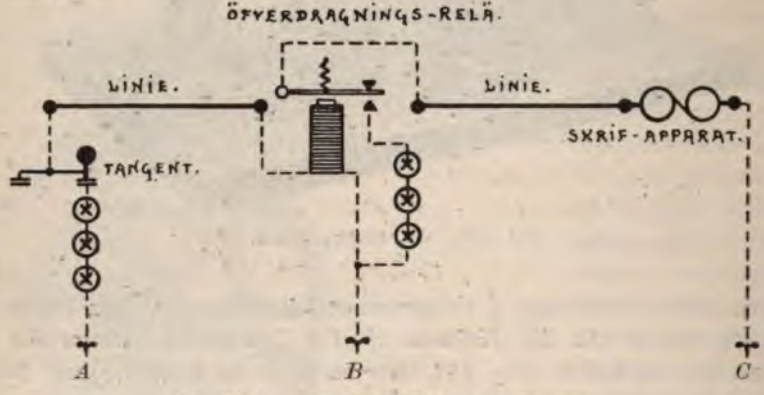


Fig. 500. Användande af öfverdragningsrelä.

Öfverdragning. En synnerligen viktig användning har emellertid reläet fått vid telegrafskriftens *öfverdragning*. Å mycket långa ledningar är det ofta, äfven med nutidens känsliga telegrafapparater, svårt att få fram läslig skrift utan att använda alltför stora batterier. Ett sätt, som också stundom användes, är att å någon mellanliggande station *repetera* telegrammet, d. v. s. upptaga detsamma och därefter sända det vidare. Detta sätt är gifvetvis både tidsödande och kostsamt, hvarjämte det gifver ökad anledning till fel vid expeditionen. Vida bättre är det därför att å mellanstationen låta en apparat, *öfverdragningsreläet*, utföra detta arbete.

Öfverdragningsreläet verkar på samma sätt som det nyss beskrifna reläet. Af fig. 500 torde tydligt framgå, huru öfverdragningsreläet å mellanstationen *B* tjänstgör, då telegrafering pågår från stationen *A* till stationen *C*. För att öfverdragning skall kunna försiggå, äfven då *C* telegraferar till *A*, måste å mellanstationen finnas ett andra sådant relä, som då verkar på samma sätt som det första, men för telegrafering i motsatt riktning. Oftast äro de vanliga skrifapparaterna så inrättade, att de vid behof äfven kunna göra tjänst vid öfverdragning; i synnerhet å mindre stationer är detta förhållandet. Genom att anordna öfverdragning å tillräckligt antal mellanstationer är det möjligt att telegrafera utan repetition, nästan på huru stora afstånd som helst.

Soundern. Vana telegrafister kunna med blotta hörseln uppfatta skriften å en telegrafapparat och behöfva ej besvära sig med att läsa å remsan. Af detta förhållande hafva de praktiska amerikanerna begagnat sig, i det de å sina telegrafstationer så godt som uteslutande ersatt den dyrbara och jämförelsevis invecklade skrifmaskinen med en apparat, till sin konstruktion mycket liknande det ofvan beskrifna reläet. Denna apparat, *soundern* (fig. 501), är, som man ser, af tänkbart enklaste inrättning, ty den består endast af en elektromagnet med tillhörande häfstång (ankare), som rör sig mellan tvenne anslag, så att telegrafstecknen kraftigt framträda, tydligt hörbara. En spiralfjäder återför ankaret i hviloläget, så snart ström ej genomgår elektromagneten.

En olägenhet vid användande af soundern är, att telegrafstecknen ej blifva bestående, såsom då de skrifvas å remsan, hvilket kan vara till men vid kontrollen. Telegrafskriftens uppfattande med hörseln fordrar dessutom mycket mera öfning än afläsandet af skrifna Morse-tecken. Dessa olägenheter uppvägas likväl däraf, att misstag vid telegraferingen, efter hvad det visat sig, förekomma långt mera sällan vid expedition med sounder än med skrifapparat. Örat är i detta fall mera att lita på än ögat. Soundern har också redan kommit till allmänt användande i Europa och synes numera vinna allt större terräng; i synnerhet i England har den på senare åren alltmera kommit i bruk. Nyligen anställda försök inom svenska telegrafverket hafva utfallit mycket tillfredsställande, så att soundern för närvarande rätt mycket användes hos oss, synnerligast å Stockholms centraltelegrafstation.

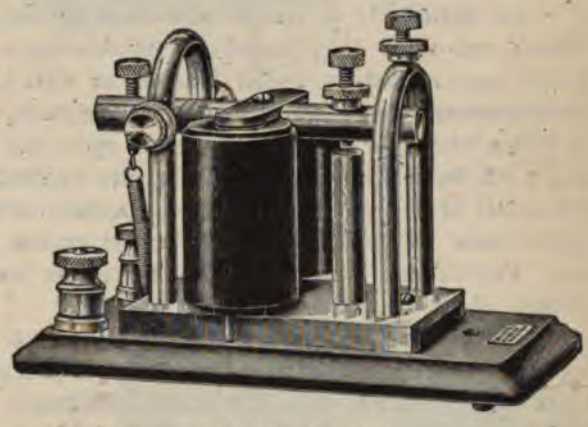


Fig. 501. Soundern.

Automatisk telegrafering. Vid afsändande för hand af telegram måste den snabbhet och korrekthet, hvarmed telegraferingen sker, vara i hög grad beroende så väl på expeditörens skicklighet som ock på hans stämning för ögonblicket, hans uppmärksamhet, påpasslighet o. s. v. För att undanrödja den ojämnhet uti expeditionen, som häraf är en följd, har man sökt inrätta apparater, hvilka verkställa afsändningen rent mekaniskt och automatiskt. Fördelen af mekanisk aftelegrafering beror icke allenast af ofvan angifna förhållanden utan äfven och hufvudsakligast af behofvet att genom snabbare expedition bättre tillgodogöra telegrafledningarnas befordringsförmåga — en omständighet, som är af mycket stor vikt vid ledningar med stor anläggningskostnad, såsom längre landledningar och kablar.

Redan på 1840-talet gjorde Morse försök med automatisk aftelegrafering. Hvarje bokstaf betecknades med en typ, bestående af en plåtbit med utskurna tänder i ena kanten, motsvarande bokstäfvernas element. Typerna insattes i en mässingsfattning, som stod i förbindelse med den ena batteripolen. Den andra polen af batteriet var ställd till jorden. Mot typernas tänder släpade änden af en fjäder,

i ledande förbindelse med linien. Så snart en tand kom i kontakt med fjädern, utsändes på linien en ström, hvars tidslängd motsvarade tandens bredd; strömmen upphörde, så länge fjädern befann sig öfver ett tomrum. Härigenom erhölls Morse-skrift på den vid mottagningsstationen hastigt framlöpande pappersremsan. Skriften blef emellertid osäker, dels till följd af kontakternas opålitlighet uti afsändningsapparaten, dels emedan elektromagneten uti mottagningsapparaten var alltför trög för att hinna tillräckligt påverkas af den mycket kortvariga strömmen.

Bain slog in på en annan väg. Han urstansade uti en pappersremsa hål, motsvarande bokstäfverna enligt Morse-alfabetet. Därefter spände han remsan öfver en metallvals, hvilken stod i förbindelse med linien, och lät en metallfjäder släpa öfver remsan, midt öfver teckenraden. På alla de ställen, där det fanns hål i pappersremsan, kom fjädern i kontakt med valsen, hvarigenom batteriet blef slutet utåt linien, så att telegrafskrift utsändes.

Användandet af utstansade pappersremsor förekommer vid åtskilliga nyare apparater, och särskilda inrättningar för att bekvämt och hastigt kunna urstansa remsan hafva uppfunnits af Siemens m. fl.

Ett hufvudsyfte med de automatiska telegrafapparaterna är, såsom ofvan blifvit nämndt, att vinna ökad snabbhet i expedieringen. Vid första påseende kan det tyckas, som om härför endast behöfdes en tillräcklig hastighet hos den mekaniska afsändningsapparaten. Men här finnas svårigheter, om hvilka konstruktörerna till en början icke ägde någon kännedom; de upptäcktes först år 1848 af Werner Siemens och hafva sin grund uti de på linien uppträdande laddningsströmmarna. Om strömstötar af lika riktning följa efter hvarandra alltför hastigt uti en ledning, hinner tråden under mellantiden ej att fullständigt urladda sig, innan nästa strömstöt kommer. Följden häraf blir, att telegrafteckнen visa benägenhet att sammanflyta, så att skriften blir otydlig, stundom omöjlig att afläsa.

För att uppnå stor telegraferingshastighet å ledningar med stor förmåga att upptaga laddning, såsom å landledningar af ansenlig längd eller å kablar, är det alltså nödvändigt att uti själfva telegrafapparaterna vidtaga sådana anordningar, att laddningsströmmarnas skadliga inverkan upphäfves. Den i detta afseende fullkomligaste snabbskriftapparat, som hittills konstruerats, är utan tvifvel den, som Wheatstone uppfann år 1867.

Wheatstones snabbskriftapparat är inrättad för *växelströmmar*, d. v. s. hvarje ström af t. ex. positiv riktning, som är afsedd att bilda ett tecken, åtföljes af en negativ ström, hvilken då bildar mellanrummet. Denna senare ströms hufvudsyfte är att hastigt neutralisera laddningen efter den föregående teckenbildande strömmen, hvarigenom tecknens sammanflytning förekommes. Jämnhet uti den uppkomna skriften befordras ytterligare därigenom, att afsändningsapparaten är så inrättad, att linien kan erhålla lika stor laddning, vare sig strömmen är af kort eller lång varaktighet.

Den mekaniska aftelegraferingen å Wheatstones apparat regleras af en pappersremsa med på förhand uthuggna hål, motsvarande de bokstäfver, som skola aftelegraferas. Hålen urstansas med en »punsapparat», fig. 503, där äfven den urstansade remsan synes. Denna insättes i afsändningsapparaten, *transmittern*, fig. 502, där den framdrifves af ett hjul, hvars tänder gripa in i remsans mellersta hålrad. Tandhjulet kringvrides af ett urverk, som äfven håller själfva telegraferingsinrättningen

i jämn rörelse. Ungefär midt under det nämnda tandhjulet finnas tvenne, rakt uppåt riktade nålar, hvilka af urverket med stor hastighet föras upp och ned och för hvarje gång stöta mot pappersremsans undre sida, för så vidt de ej därvid träffa på något hål och då tränga igenom. Nålarna äro nämligen inställda på det sätt, att hvardera af dem under sin rörelse kan inträffa midt under hvar sin hålrad å remsan. Apparaten är så anordnad, att för hvarje gång en nål tränger igenom, polvändes batteriet; för hvarje gång en nål inträngер i ett hål i öfre raden utsändes t. ex. en positiv ström, som å mottagningsstationen alstrar ett tecken, och som varar ända tills den andra nålen inträngер i ett hål i den undre raden, då en negativ ström, som påbörjar ett mellanrum, utsändes i linien.

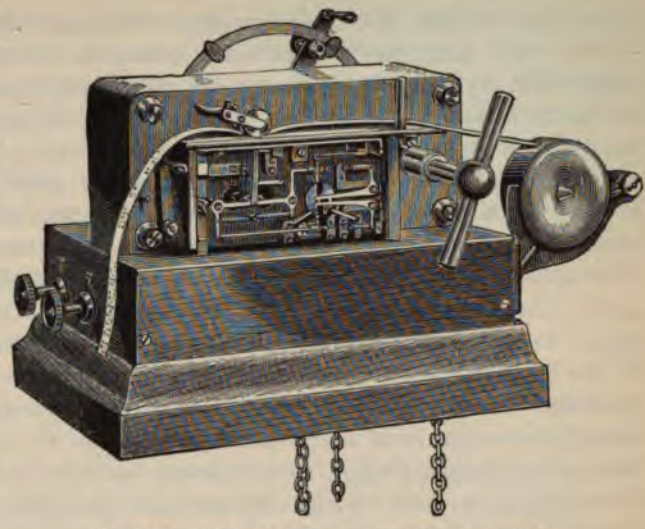


Fig. 502. Wheatstones automatiska transmitter.

Fig. 503. Punsapparat för Wheatstone-transmitter.

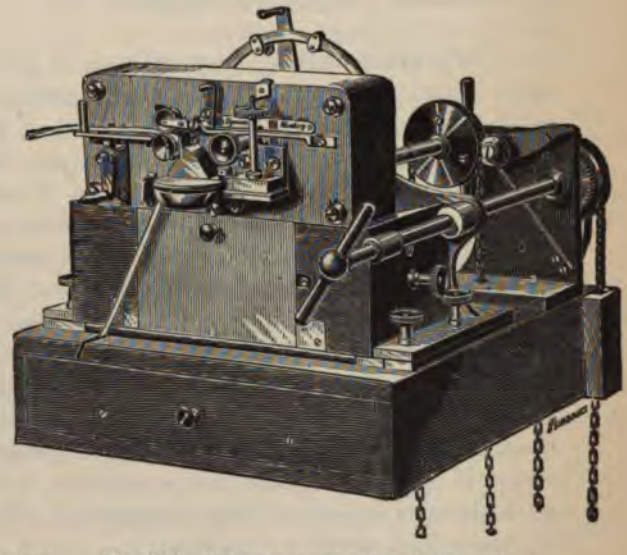


Fig. 504. Wheatstones automatiska receiver.

Mottagningsapparaten, *receivern*, fig. 504, innehåller en s. k. polariserad elektromagnet, hvars ankare af positiv ström föres åt ena hållet och af negativ ström åt det andra. I förra fallet föres färgtrissan af ankaret upp mot pappersremsan, å hvilken ett tecken då bildas, i senare fallet aflägsnas färgtrissan från remsan. Mot-

tagningsapparaten och transmittern äro båda försedda med en inrättning för att efter behof reglera hastigheten hos remsan.

Den stora telegraferingshastighet, som Wheatstones snabbskrifttelegraf medgifver, och hvilken under gynnsammaste förhållanden kan uppdrifvas ända till 450—600 ord i minuten, har förskaffat densamma en mycket vidsträckt användning, förnämligast i England. Den användes där å en mängd längre ledningar och har sin stora betydelse i synnerhet vid expediering af presstelegram, som i England kanske mera än i något annat land begagnas för att snabbt meddela nyheter. Samma telegram skall ofta samtidigt sändas åt många olika håll, och då ända till *åtta* remsor kunna å punsapparaten uthuggas på en gång, samt hvarje sådan remsa kan användas för expediering ett flertal gånger, inses lätt den oskattbara fördelen af Wheatstone-apparaten, då det gäller att expediera dylika telegram.*

I Sverige användes Wheatstone-telegrafering å flera af de viktigare ledningarna, t. ex. mellan Stockholm och Malmö och mellan Stockholm och Göteborg. Redan år 1874 började man här begagna detta system. År 1896 anordnades direkt förbindelse mellan Stockholm och Hamburg, med användande af Wheatstone-apparaten, och den har visat sig gå särdeles bra. För att telegraferingen å denna långa ledning skall kunna försiggå med tillräcklig snabbhet, har man emellertid måst insätta ett öfverdrag, särskildt inrättadt för strömmar med växlande riktning, å Malmö station. På grundval af principerna för nu beskrifna apparat hafva i vårt land konstruerats snabbskrifttelegrafer, dels af assistenten vid telegrafverket L. Carlander, dels af mekanikus O. A. Ericsson i Göteborg, hvilka apparater, noggrant utförda, äro särdeles användbara, om de ock ej kunna under alla omständigheter mäta sig med den många gånger dyrare Wheatstone-apparaten. Carlanders apparat har varit mycket använd å Stockholms centralstation.

Tryck telegrafer. Önskvärdheten af en kvarstående synlig skrift ledde redan tidigt tanken på konstruerandet af en apparat, som kunde återgifva telegrammet i en för hvem som helst begriplig skrift, och ej blott i chiffer, hvars läsning fordrar en särskild kännedom om systemet. Om man får taga det af Morse 1847 gjorda meddelandet efter orden, har amerikanen Vail redan våren 1837 konstruerat en apparat, hvilken med typer tryckte de telegram, som af den galvaniska strömmen öfverfördes till mottagningsstationen. 1841 utställde Wheatstone en tryck telegraf i polytekniska samfundet i London och 1847 Morse en annan dylik. Sedan dess har antalet af sådana apparater betydligt ökats, och helt säkert har hvar och en, som sysselsatt sig med telegrafapparaternas förbättrande, sökt uppnå detta ideal för telegrafiskt meddelande. Att det oaktadt så lång tid förgick, innan någon af de många tryck telegraferna kom i allmänt bruk, därtill får orsaken sökas i deras invecklade inrättning, hvilken åter var en naturlig följd af de stora anspråk, man ställde på en sådan apparat, men i synnerhet däruti, att Morses apparat i afseende på hastigheten uppnått en sådan fulländning, att tryck telegrafen i jämförelse därmed ej erbjöd några praktiska företräden.

Först den af professor Hughes konstruerade apparaten uppfyller dessa anspråk fullständigt, ja, medgifver en långt hastigare telegrafering än till och med de bästa

* Drottning Victorias jubileumstacksägelse till sitt folk, om 16 ord, började aftelegraferas från London, strax efter kl. 11 till rikets alla delar. Redan inom en timme anlände *svar* från Seychellesöarna, Nya Seeland, Niger, Teneriffa, Mozambique, Uganda, Hongkong. Vid drottningens återkomst från festprocessionen, kl. $^{3}/_{4}2$, öfverlämnades till henne 30 svarstelegram.

Morse-apparater. Då behandlingen af denna apparat dessutom är mycket lätt att lära, skulle den redan ha slagit de flesta andra apparater ur brädet, om blott ej mekanismen vore så fin och ömtålig, att reparationer däråt endast kunna utföras af särdeles skickliga instrumentmakare, och sådana stå ej allestädes till buds. Hughes' trycktelegraf är i sanning ett mekaniskt underverk, vittnande om högsta grad af snillrikhet, och den förtjänar äfven af detta skäl att tagas i närmare betraktande. En kort antydan om villkoren för konstruktionens möjlighet böra vi dock förutskicka.

Må man tänka sig ett hjul fäst å en roterande axel och å hvars omkrets de särskilda bokstäfverna äro skurna i relief. Dessa bokstäfver matas med tryckfärg af en därmed indränkt filtrulle, verkande ungefär som färgtrissan på en Morse-apparat. Midt under typhjulet ligger en pappersremsa. Det erfordras nu endast, att denna remsa tryckes mot hjulet just i det ögonblick då bokstafven, som skall telegraferas, befinner sig midt för antryckningsstället. Remsan måste vidare framflyttas något, innan den tryckes mot nästa bokstaf, så att de båda bokstäfverna å papperet komma på lagom afstånd från hvarandra.

Om man på afsändningsstationen kunde veta, i hvilket ögonblick på mottagningsstationen den bokstaf, som skall aftryckas, befunne sig midt för pappersremsan, så skulle man kunna passa på och just då utsända en ström för att trycka remsan mot hjulet. Detta skulle man kunna få veta, om man ställde så till, att *typhjulen på bägge stationerna följdes åt*, det vill säga, att å båda apparaterna samma bokstaf i samma ögonblick passerade antryckningspunkten eller det ställe, där aftrycket skall ske. Själfva typhjulets rörelse kan man tänka sig i rätta ögonblicket å afsändningsstationen åvägabringa den kontakt, d. v. s. strömslutning, som vid mottagningsstationen åstadkommer pappersremsans tryckning mot typhjulet. Är nu hjulens ställning lika å bägge stationerna, sker antryckningen just mot den bokstaf, som motsvaras af afsändningsstationens bokstaf eller den därmed i samband stående kontakten. Hvarje bokstaf måste således hafva sitt kontaktstäd, som motsvarar städet i en nyckel och alltså står i förening med batteriet. Alla dessa städ måste vara rörliga, så att det ena efter det andra kan framflyttas för att nås af linietråden eller rättare den del af apparaten, som står i förbindelse med linietråden, och därigenom i rätta ögonblicket göra tjänst som kontakt.

Hughes' apparat. Den elektriska strömmens utsändande förmedlas af en släde, hvilken, i likhet med en karusellkälke och med en hastighet af två hvarf i sekunden, löper på en rund skifva. Släden (fig. 505 och 506) står i ledande förbindelse med linien, och dess rotation sammanhänger medelst en kuggväxel på det noggrannaste med typhjulets, så att när en viss punkt på den runda skifvan passeras af släden, är samtidigt en viss bokstaf på typhjulet midt öfver pappersremsan, hvarför denna endast behöfver ögonblickligt tryckas emot det förra, för att bokstafven skall framträda på papperet.

Bokstäfverna representeras på den nämnda runda skifvan af små stålstift q, hvilka upptryckas till kontakt med den förbiilande släden genom en klaviatur, hvars tangenter motsvara bokstäfver och siffror eller skiljetecken. Ett stifts beröring med slädens släpfjäder åstadkommer strömmens utsändande på linien äfvensom utlösandet af en mekanism, som verkställer papperets antryckning mot den afsedda bokstafven å eget typhjul, dess frammatning m. m.

Har nu den lika konstruerade apparaten å mottagningsstationen fullkomligt samtidig gång, aftryckes äfven där på lika sätt samma bokstaf. Urverken i de båda

apparaterna, den afsändande och den mottagande, måste följaktligen före telegraferingens början medelst regulatorer justeras till möjligast lika rotationshastighet. Medelst en tryckknapp utlösas därefter typhjulen från de i gång varande verken och stannas i samma ställning å bägge stationerna. Då dessa hjul därefter sättas i gång i samma ögonblick och röra sig med lika hastighet, måste tydligen i hvarje tidsmoment liknämniga skriftecken å bägge stationerna komma att svänga öfver pappersremsan. Nedtrycker den afsändande tjänstemannen t. ex. tangenten *M* å klaviaturen, höjes därigenom motsvarande stift i den runda skifvan; den kringsvängande släden kommer i kontakt med stiftet i samma ögonblick, som bokstafven *M* å typhjulen på bägge stationerna befinner sig midt för papperet; denna kontakt åstadkommer utlösandet af ofvannämnda tryckmekanism å egen station äfvensom strömutsändning i linien, hvarvid mottagningsstationens elektromagnet påverkas, i det att dess ankare attraheras och utlöser tryckmekanismen därstädes — allt på den korta tiden af $^1/_4$ sekund från stiftets beröring med släden. Släppes därpå tangenten *M*, nedfaller motsvarande

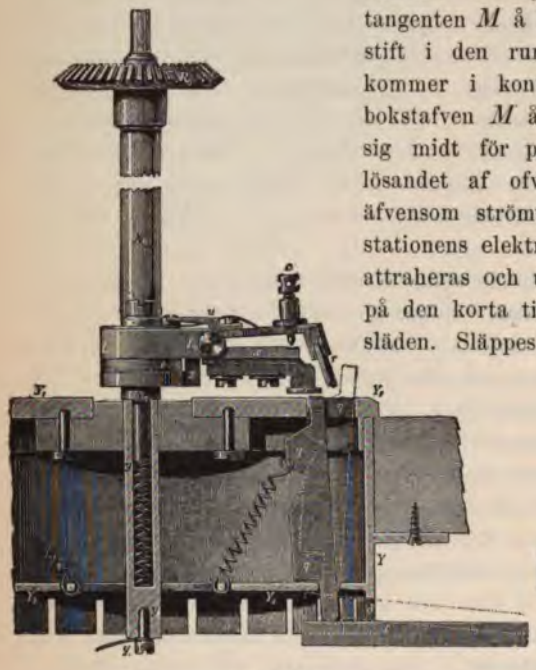


Fig. 505.
Slädmekanismen i Hughes' apparat.

Fig. 506. Detalj af släden.

stift under den runda skifvans yta, så att det ej vidare kan beröra släden. Bokstafven *U* kan hinna aftelegraferas inom samma omlopp af typhjulen, om expeditören tillräckligt hastigt nedtrycker motsvarande tangent, eller om han tryckt ned tangenten *U* på *samma* gång som *M*, hvilket går för sig, då de aftelegraferade bokstäfverna följa efter hvarandra i alfabetet. Flera bokstäfver kunna i detta fall tryckas under ett omlopp af släden, hvilket gifvetvis inbesparar tid.

Men äfven om släden skulle behöfva göra ett helt omlopp, innan den träffade stiftet för bokstafven *U*, måste dock alltid på två omlopp, d. ä. på en sekund, två bokstäfver kunna aftelegraferas. Apparaten har den stora fördelen framför andra snabbskrifttelegrafer, att tjänstemännen kunna, om så behöfs, för tillfälliga meddelanden omedelbart afbryta hvarandras telegram.

Hughes' apparat har i synnerhet kommit till användande i Tyskland. Dess arbetsförmåga är ganska stor, i det en öfvad expeditör å densamma kan aftelegrafera ända till 30 ord i minuten. En fullständig Hughes' tryckapparat med bokstafsklaviatur, typhjul och släde samt med dess invecklade och sinnrika mekanism för urverkets reglering framställes i fig. 507.

Amerikanska trycktelegrafbolagets nyaste apparat är af särdeles sinnrik och kompendiös konstruktion och kan skötas af hvar och en, som kan »skrifva på maskin»; snastigheten lär kunna uppdrifvas till omkring dubbelt mot andra trycktelegrafer, d. v. s. c:a 2,000 ord i timmen. Receiver och transmitter kunna vara förenade till en enda apparat; mekanismen drifves af en liten elektromotor, hvartill strömmen kan tagas från en vanlig belysningsledning. Skriften verkställes, liksom å vanliga skrifmaskiner, medelst en klaviatur och upptages af receivern å ett pappersblad, som flyttas uppåt för hvarje rad men i öfrigt är stilla. Framför detsamma glider horisontalt ett typhjul, hvars vridning bestämmes genom antalet ankommande strömimpulser, till dess den afsedda typen kommer midt för raden, då papperet af en liten hammare tryckes mot typen.

Kemiska kopieringstelegrafer. Idealet vid telegrafering är att å mottagningsstationen kunna återgifva telegrammet, icke blott till ordalydelsen utan äfven med samma *handstil* som originalet. Användandet af en sådan telegrafapparat skulle

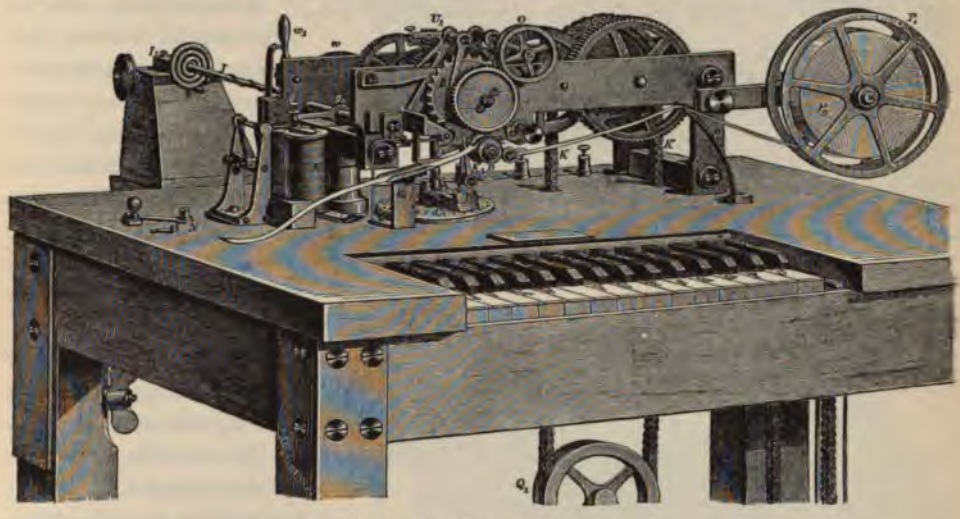


Fig. 507. Hughes' apparat; totalbild.

inbespara mycket arbete vid expedieringen, i det att telegrammet direkt vid dess inlämnande å stationen skulle kunna inläggas i afsändningsapparaten, hvarefter det på elektrisk väg kopierades å mottagningsstationen. Kopian behöfde sedan endast inläggas i ett kuvert och tillställas adressaten.

Teoretiskt har detta problem också blifvit löst, fastän de härför hittills konstruerade telegrafapparaterna arbeta alltför långsamt för att vara praktiskt användbara. Dessa apparater hafva likväl sitt stora intresse, då de möjliggöra telegrafiskt öfverförande af teckningar och handskrifter, och då det dessutom kan anses ganska sannolikt att de, tillräckligt förbättrade, i en framtid komma att få stor betydelse.

Kopieringstelegraferna grunda sig i allmänhet på elektricitetens förmåga att sönderdela färglösa kemiska ämnen i andra med tydligt framträdande färg. Härför lämpa sig bäst saltlösningar, i synnerhet järn- och anilinsalter. Om vi tänka oss skrifstiftet i en Morse-apparat fastsatt så, att det ständigt berör remsan, hvarvid denna på vanligt sätt frammatas, och en elektrisk ström ledes från stiftet genom den med lämplig saltlösning indränkta pappersremsan till metallvalsen å andra sidan,

så uppkommer ett färgadt streck å remsan. Längden af detta streck beror af strömmens varaktighet. Genom att med lämpliga mellanrum öppna och sluta denna kan man å remsan erhålla vanlig Morse-skrift, och på detta sätt skulle man kunna undvara elektromagneterna i Morse-apparaten. Dylika skrifapparater hafva ock konstruerats men hittills ej kommit i praktiskt bruk.

Kemiska kopieringsapparater hafva konstruerats bland andra af Bakewell och af abbé Giovanni Caselli i Paris. Den senares system var synnerligen fulländadt och kan därför vara förtjänt af en närmare beskrifning.

Låtom oss antaga, att två stift, som befinna sig på hvar sin telegrafstation, röra sig samtidigt och likformigt fram och tillbaka öfver hvar sitt plån. Plånet på afsändningsstationen kunna vi tills vidare antaga vara ett torrt och således oledande papper, det på mottagningsstationen däremot på förut antydda sätt prepareradt. Om nu på det torra papperet finnas bokstäfver af ett ledande ämne, som äro i ständig förening med ett batteri och komma i beröring med stiftet, när det under sin rörelse fram och tillbaka passerar öfver dem, kan detta stift utsända en elektrisk ström i en ledning hvarje gång det passerar öfver bokstäfverna. Denna ström ger på mottagningsstationen en prick eller ett streck på det ställe af det fuktade papperet, där stiftet befinner sig, när strömmen går igenom ledningskedjan. Inrättas nu de båda stiftens samtidiga och likformiga rörelse öfver papperen så, att, om stiften t. ex. bestode af blyerts, båda papperen blefve full-linierade med tätt invid hvarandra löpande parallela streck, komme nästan hvarje punkt af de ledande bokstäfverna en gång i beröring med det strömutsändande stiftet och blefve sålunda återgifven af en till läget motsvarande färgutfällning å det prepparerade papperet på mottagningsstationen. Konturerna af teckningen å papperet på afsändningsstationen kunna således mer eller mindre sammanhängande återgifvas å papperet på mottagningsstationen.

Fig. 508. Originalskrift.

Fig. 509. Telegraferad kopia.

Emellertid använder Caselli å afsändningsstationen, i stället för oledande papper med ledande skrift, ledande papper (tennfolium), på hvilket skrifves med tjockt flytande, oledande bläck; batteriet är ständigt ställdt utåt linien men alstrar ej någon ström i denna, när stiftet är i beröring med det ledande papperet, enär det inom stationen får en kedja med mindre motstånd att verka uti. Hufvudsakliga uppgiften består i att åstadkomma en lika gång hos de båda stiften. De dragas af hvar sin pendel, hvars kula till en del består af järn, som attra-

heras af en elektromagnet hvarje gång pendeln är nära att fullborda ett halfslag. Elektromagneten sättes då i verksamhet af pendeln själf, hvilken vid nämnda tidpunkt berör en fjäderkontakt, hvarigenom en särskild elektrisk ström ledes igenom elektromagnetens lindningar. Pendeln skulle i följd af denna attraktion kunna kvarblifva i sitt yttersta sidoläge, om ej sistnämnda ström afbrötes medelst en kortare kronometerpendel, hvilken under sina svängningar skiftevis berör och aflägsnar sig från en mikrometerskruf med tillhörande kontaktfjäder och i sistnämnda fall afbryter ledningen för den lokala strömmen. Medelst mikrometerskrufven kan tidpunkten för afbrottet i den lokala strömmen och följaktligen i elektromagnetens verkan på den stora pendeln, således denna senare pendels gång, ytterst noggrant regleras. Af skriftens beskaffenhet på mottagningsstationen finner man lätt, om denna stations pendel går för långsamt eller för fort, och i förhållande därefter kan regleringen verkställas.

Fig. 508 föreställer en originalteckning å afsändningsstationens ledande plån och fig. 509 den bild däraf, som Casellis telegraf frambragt på mottagningsstationen.

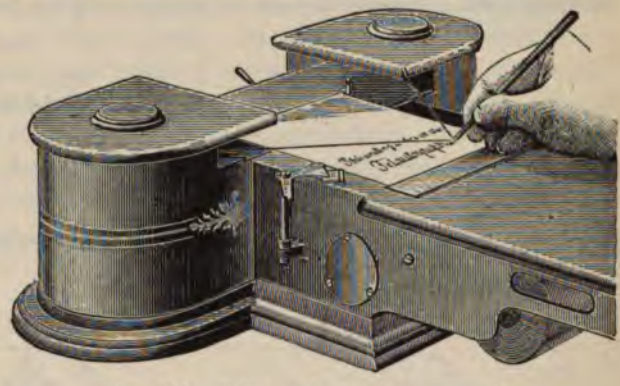


Fig. 510. Telautograf; afsändningsapparat.

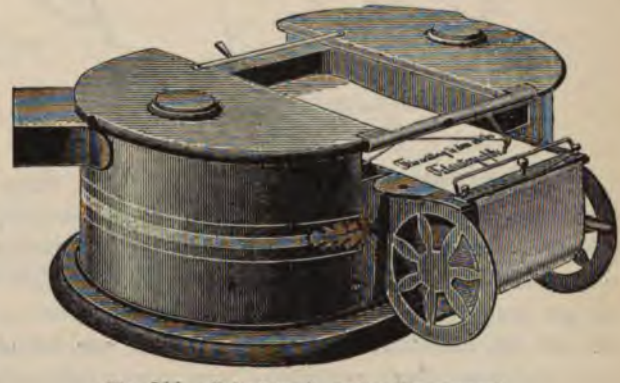


Fig. 511. Telautograf; mottagningsapparat.

Telautografen. En egendomlig skriftelegraf har för icke länge sedan uppfunnits af amerikanen Elisha Gray. Vid användandet af denna apparat skrifver man å afsändningsstationen med en blyertspenna på ett vanligt pappersark; å mottagningsstationen följer därvid ett stift fullkomligt alla blyertspennans rörelser, så att därstädes en noggrann afskrift af originalet erhålles. Ingen särskild öfning behöfves sålunda för att med Grays apparat afsända eller mottaga ett telegram.

Fig. 510 visar en bild af afsändningsapparaten. Vid blyertspennans spets äro fästa två silkestrådar, hvardera med sin andra ände upplindad å en metallrulle inuti apparaten. Då pennan flyttas på papperet, måste trådarna, som hållas spända, röra sig på motsvarande sätt, hvarigenom metallrullarna mer eller mindre kringvridas. Hvardera rullen inverkar på ett kugghjul, så att vid hvarje liten vridning några af dess tänder passera förbi en kontaktanordning, hvarvid ett motsvarande antal positiva eller negativa strömstötar af olika styrka utsändas å den rullen tillhöriga linietråden; strömriktningen beror af det håll, åt hvilket vridningen sker.

Till systemet höra tvenne linietrådar, en för hvarje rulle. På dem framgå strömstötarna till mottagningsapparaten (fig. 511), där de medelst elektromagneter påverka tvenne skjutstänger, hvilka då röra sig fram och tillbaka och därvid flytta ett skrifstift på alldeles samma sätt som pennan å afsändningsapparaten föres. Därigenom erhålles alltså å mottagningsstationen en noggrann kopia af skriften å afsändningsstationen. Fig. 512 och 513 visa original och kopia af skrift och teckning, öfverförda medelst Grays telautograf.

Telautografens praktiska användbarhet torde ej ännu vara tillräckligt pröfvad. En ogynnsam omständighet ligger redan i nödvändigheten af tvenne linietrådar. Dessutom är ej apparatens arbetshastighet synnerligt stor, och dess fina mekanism fordrar aktsamhet vid användandet samt är mycket svår att justera.

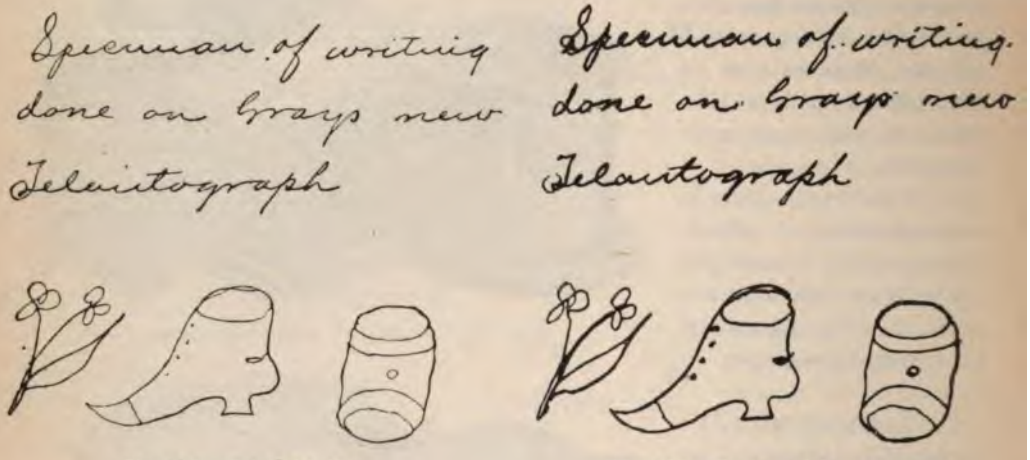


Fig. 512. Originalskrift.

Fig. 513. Kopia medelst telautograf.

Dubbeltelegrafering. För att kunna draga största möjliga nytta af telegrafledningarna har man uppfunnit sätt att *samtidigt* befordra tvenne eller flera telegram å en och samma ledning. Samtidig expediering af tvenne telegram å samma tråd, *dubbeltelegrafering*, kan antingen ske i *motsatt* riktning, d. v. s. telegrammen så att säga mötas på ledningen, eller ock i *samma* riktning, då telegrammen följas åt. Så väl det förra arbetssättet, *duplex*, som det senare, *diplex*, fordrar å hvardera stationen tvenne expeditörer, som arbeta fullkomligt oberoende af hvarandra, på samma sätt som om två särskilda ledningar stode till deras förfogande.

Duplextelegrafering anordnades första gången år 1853 af österrikiske telegrafdirektören Wilh. Gintl, och redan följande år framställdes nya lösningar af problemet ungefär samtidigt af C. Frischen i Hannover, Siemens-Halske i Berlin och professor Edlund i Stockholm. Intet af dessa system kom emellertid till någon afsevärd användning. Edlunds system begagnades visserligen någon tid å linien Stockholm—Uppsala och något senare mellan Stockholm och Göteborg men blef snart nog åter öfvergifvet. Det var först år 1868 som det lyckades Joseph Backer Stearns i Boston att på grundval af sina föregångares arbete utarbeta ett fullt praktiskt duplexsystem, hvilket otvifvelaktigt intager främsta rummet bland den stora mängden af sådana system.

Vid vanlig Morse-telegrafering är, såsom förut är nämndt, mottagningsinstrumentet insatt mellan tangentens klack och jorden och blifver alltså skildt från linietråden, så snart tangenten vid telegraferingen nedtryckes. Vid duplextelegrafering åter måste skrift från motsatta stationen kunna inkomma till mottagningsapparaten å egen station, äfven om härifrån telegram samtidigt afsändes utåt samma ledning. Det är därför klart, att mottagningsinstrumentet alltid måste kommunicera med linien, i hvilket läge än tangenten befinner sig. Detta vinnes genom att inlänka mottagningsinstrumentet mellan tangentens häfstång och linien.

Själfva kärnpunkten i duplexproblemet är nu gifvetvis att ställa så till, att mottagningsapparaten ej påverkas af ström från egen station, d. v. s. af den utgående strömmen, utan endast af den från andra stationen inkommande strömmen. För detta ändamål kan man, såsom Gintl gjorde, vid telegraferingen använda tvenne batterier, som samtidigt öppnas och slutas af en och samma nyckel. Det ena af dessa batterier sänder ström genom egen mottagningsapparat till motsatta stationen och är sålunda att betrakta såsom det egentliga telegrafbatteriet. Det andra batteriet, som är betydligt mindre, sänder sin ström endast genom den egna mottagningsapparaten, men genom en särskild lindning kring dennas elektromagnet och på det sätt, att i mottagningsapparaten båda batteriernas verkningar upphäfva hvarandra.

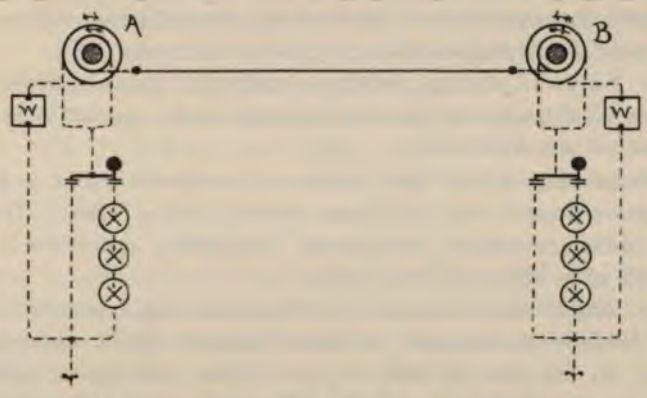


Fig. 514. Ledningsschema för dubbeltelegrafering å två stationer.

Denna apparat påverkas således icke alls af utgående ström, hvilket just var det som åsyftades.

Ett annat sätt för åstadkommande af samma verkan är det, som blifvit använd af Frischen, Edlund och Siemens-Halske äfvensom sedermera af Stearns. Principen för detta system framgår af fig. 514. Endast ett batteri är insatt å hvardera stationen. Den utgående strömmen, t. ex. från stationen A, delar sig i tvenne grenar, af hvilka den ena först går i åtskilliga lindningar kring elektromagneten å stationens mottagningsapparat samt därefter ut på linien till stationen B. Den andra grenen af strömmen går likaledes först kring elektromagneten, men i *motsatt* riktning mot den förra, och därefter genom en reostat W till jorden. Sistnämnda instrument, reostaten, innehåller ett antal nysilfvertrådar af olika längd och groflek, af hvilka flera eller färre kunna inlänkas i ledningen, hvars motstånd på detta sätt kan efter behag göras större eller mindre. Om motståndet i reostaten

afpassas så, att motstånden i båda ledningsgrenarna blifva lika stora, då blir äfven strömmen lika stark i bägge grenarna. Men då dessa äro lindade åt motsatt håll kring elektromagneten, kommer den ena grenens verkan att upphäfvas af den andras. Den från *A* utgående strömmen inverkar alltså ej på denna stations mottagningsapparat. Å stationen *B* kommer samma ström att genomgå ena spiralen å mottagningspparaten samt fortsätter till sin hufvudsakliga del öfver nyckelns häfstång och klack eller städ till jorden. Sistnämnda apparat kommer härvid att återgifva den från *A* telegraferade skriften.

På samma sätt, som nu beskrifvits, kommer vid telegrafering från *B* skriften att framträda endast å den motsatta stationens mottagningsapparat.

Nu återstår att tillse, huru förhållandet är, då *A* och *B* samtidigt telegrafera till hvarandra. För enkelhets skull antaga vi, att båda stationerna hafva lika starka batterier, ställda med liknämniga poler utåt linien. När tangenterna å båda stationerna samtidigt nedtryckas, komma tvenne strömmar att mötas å linien, och som dessa äga samma styrka, neutralisera de hvarandra, till följd hvaraf linietråden äfvensom motsvarande spiraler å hvardera stationens elektromagnet blifva strömlösa. Å båda stationerna kommer sålunda ström att förefinnas endast i de reostatgrenarna tillhörande spiralerna, hvadan hvartdera mottagningsinstrumentet i detta fall ger skrift för egen stations batteri. Att denna skrift emellertid är just densamma, som sändes från motsatta stationen, är klart däraf, att strömmen i linien uppdämmes endast i de ögonblick, då denna stations nyckel är nedtryckt.

Professor Edlunds system skilde sig från det senast beskrifna endast därutinnan, att den i reostatgrenen inlänkade spiralen kunde medelst en särskild strömledare förändras till sitt hvarfantal.

Dubbeltelegrafering enligt dessa system är emellertid endast möjlig å kortare luftledningar men däremot icke å längre sådana eller å kablar. Orsaken härtill ligger uti de laddningsfenomen, som skarpt framträda i synnerhet å ledningar af senare slaget och göra telegrafskriften osäker.

Den stora förtjänsten hos Stearns' duplexsystem ligger just uti de anordningar, genom hvilka laddningsströmmarnas störande inflytande blifvit undanröjdt. Det är icke tillräckligt, att den gren af ledningen, uti hvilken reostaten är inlänkad, endast med afseende på *motståndets* storlek är lika med liniegrenen, den måste äfven så långt som möjligt likna densamma med hänsyn till *laddningsförmåga*. För att ernå detta applicerade Stearns till reostaten en *kondensator*, hvars laddningsförmåga kunde regleras så, att den blef lika stor med liniens och således neutraliserade dennas. Stearns införde i sitt system äfven den *kontinuitetsbevarande nyckeln*, till sina principer angifven af den svenske telegrafdirektören C. A. Nyström redan år 1855. Den vanliga nyckeln gör vid telegrafering afbrott å ledningen under det visserligen ytterst korta ögonblick, som häfstången befinner sig i sitt »sväfvande läge», d. v. s. är i kontakt hvarken med klacken eller städet. Den kontinuitetsbevarande nyckeln åter är så inrättad, att något sådant sväfvande läge ej finnes, i det att häfstången kommer i beröring med städet i samma ögonblick kontakten med klacken upphör. Alldenstund den inkommande strömmen städse bör på sin väg till jorden påträffa lika stort motstånd inom mottagningsstationen, är det gifvetvis en fördel, att afbrott i nyckeln ej kan förekomma och verka störande på skriften.

Stearns' system infördes 1872 på de viktigare linierna i Amerika och blef snart nog kändt och antaget äfven i Europa. Inom svenska telegrafverket har detsamma varit i bruk alltsedan år 1877.

Dubbeltelegrafering *i samma riktning*, *diplex*, hvartill uppslag gjordes redan 1855 af österrikaren dr Stark, har anordnats på flera olika sätt. Om vi antaga, att stationen A skall till stationen B samtidigt afsända tvenne telegram å en och samma ledningstråd, måste å B elektromagneten n:r 1 endast påverkas, då nyckeln n:r 1 å A är nedtryckt; likaledes måste elektromagneten n:r 2 å B endast verka för nyckeln n:r 2 å A. Då båda nycklarna å A äro i arbetsläge, måste äfven båda elektromagneterna å B vara verksamma. För detta ändamål kan man ställa så till, att nycklarna utsända ström af olika *styrka*, så att t. ex. nyckeln n:r 1 utsänder en ström, hvars styrka är $= 0{,}1$, nyckeln n:r 2 en ström $= 0{,}2$ och sålunda båda tillsammans $= 0{,}3$. Kan man nu anordna mottagningsinstrumenten så, att n:r 1 verkar endast för en strömstyrka $= 0{,}1$ eller $0{,}3$ och n:r 2 endast för en ström af styrkan $0{,}2$ eller $0{,}3$, så är diplextelegraferingen möjlig. Detta var i själfva verket också den första lösningen af problemet. Dr Starks metod visade sig likväl svår att tillämpa i praktiken.

Ett fullt dugligt diplexsystem uppfanns år 1874 af Edison och grundar sig därpå, att strömmar utsläppas i linien, ej endast af olika *styrka* utan äfven med olika *riktning*. Det ena mottagningsinstrumentet verkar endast för ström af en viss riktning, t. ex. positiv ström, oberoende af strömmens styrka; det andra endast för ström af viss styrka, riktningen må vara hvilken som helst.

Diplextelegraferingen har emellertid icke i och för sig själf kommit afsevärdt i bruk. Det är först i förening med duplex, som den blifvit af betydelse. Genom sammanslagning af duplex- och diplex-telegrafering har det nämligen blifvit möjligt att samtidigt expediera *fyra* telegram å en ledning, två i ena riktningen och två i den andra. Detta system, *kvadruplex*, har kommit till stor användning, i synnerhet efter de af amerikanerna Gerritt Smith, S. P. Freir, Wick m. fl. uti detsamma införda förbättringarna. Synnerligen mycket begagnas detta system i Amerika, men äfven i Europa, mest i England och Norge.

Fonotelegrafi. Af ljudläran är bekant, att om en stämgaffel försättes i vibration och i dess närhet befinner sig en annan kropp, som vid vibration afgifver samma ton, så komma de af stämgaffeln alstrade ljudvågorna att sätta äfven denna senare i svängning. På samma sätt som i detta fall luften tjänstgör som bärare af vibrationerna, kunna äfven elektriska strömvågor i en ledning öfverföra en ton från en vibrerande kropp till en annan. Om i en strömbana finnes insatt en sådan vibrator, som vid sina svängningar öppnar och sluter strömmen, så uppkomma i ledningen ett antal strömstötar motsvarande vibratorns svängningar. Är nu i samma ledningskedja insatt en elektromagnet, hvars ankare utgöres af en dylik vibrator, med samma svängningstal som den förra, så komma strömstötarna i elektromagneten att sätta äfven denna senare i vibrationer.

Det är på nu anförda förhållande som *fonotelegrafien* grundar sig. Paul la Cour i Köpenhamn var den, som först konstruerade en telegrafapparat af detta slag.

Fig. 515 framställer en vibrator af ofvannämnda beskaffenhet. Den består af en stålstång R, hvars ena ände är fast, medan den andra kan fritt vibrera omedelbart framför polerna till en elektromagnet M. Så länge stålstången är i hvila, bildar

densamma kontakt med en vid den rörliga armen L fäst lamellfjäder C. Medelst skrufven S_2 kan armen L inställas så, att nämnda kontakt nätt och jämt är sluten. Då en ström sändes genom elektromagneten och tillika får passera kontaktpunkten vid H, kommer stången R att dragas in emot elektromagneten. Därvid afbrytes emellertid kontakten vid H, strömmen upphör, och stången återtager sitt hviloläge. I samma ögonblick slutes åter kontakten, och stången utför på nytt samma rörelse. På detta sätt kommer stången att vibrera med en ton motsvarande dess svängningstal, och i ledningen komma strömpulsationer med samma frekvens att uppträda. Vibrationshastigheten kan regleras medelst den å stången R flyttbara vikten W.

Insättas nu i samma ledning, denna må vara längre eller kortare, ytterligare ett antal elektromagneter med dylika stålstänger såsom ankare, komma äfven dessa stänger i vibration, men *endast* för så vidt deras svängningstal motsvarar de i ledningen befintliga strömpulsationerna. Hafva de ett annat svängningstal, komma de ej alls att påverkas.

I stället för att, såsom vid vanlig Morse-telegrafering, telegrafera med kontinuerliga strömmar kan man telegrafera med afbrutna strömmar — strömpulsationer. För detta ändamål förenar man telegraferingsbatteriet med en vibrator af ofvan beskrifna slag. Nyckeln kan vara af vanlig modell, men mottagningsinstrumentet å andra stationen måste gifvetvis vara en elektromagnet, hvars ankare är en stålstång med samma svängningstal som vibratorns. Så snart nyckelns häfstång nedtryckes, utsläppas strömpulsationer i linien, och mottagningsapparaten afger en ton, hvilken ljuder lika länge, som nyckeln förblir nedtryckt. På detta sätt kan telegrafering med Morse-tecken äga rum, och tecknen upptagas antingen direkt med hörseln, eller ock får mottagningsapparaten tjänstgöra som relä för en skrifmaskin med lokalbatteri, då tecknen på vanligt sätt nedskrifvas å pappersremsa.

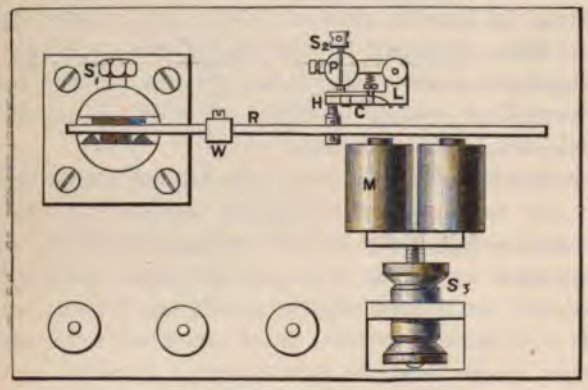


Fig. 515. P. la Cours vibrator.

Om vibratorn gör exempelvis 434 svängningar i sekunden, måste äfven mottagningsinstrumentets stålstång vara stämd för samma svängningstal. Om man nu till *samma* ledning applicerar ytterligare ett dylikt apparatsystem, men med ett annat vibrations-tal, låt vara 473, så kan, i enlighet med hvad förut blifvit nämndt, telegrafering å detta system försiggå, utan att denna stör eller störes af pågående telegrafering å det andra systemet. På detta sätt kunna å samma ledning flera dylika apparatsystem insättas, blott man iakttager att svängningstalen för alla blifva olika.

Härigenom möjliggöres multipeltelegrafering, hvarvid teoretiskt taget ett så godt som obegränsadt antal telegram samtidigt skulle kunna befordras å samma ledning. Emellertid stöter man härvid på åtskilliga praktiska svårigheter, som nödga till inskränkning af antalet. Å en artificiell ledning af 1,100 ohm motstånd,

motsvarande ung. 100 km. vanlig telegrafledning, inrättade la Cour 12 stycken stationer med fonotelegrafiska apparater. Hvarje station hade sin särskilda afsändningsapparat för hvar och en af de andra stationernas mottagningsapparater. Stationerna kunde telegrafera sinsemellan fullkomligt oberoende af hvarandra; äfven om alla apparaterna samtidigt höllos i gång, uppkom ingen oreda.

Telegrafsystem, grundade på samma principer som det nu beskrifna, hafva sedermera anordnats af bland andra Elisha Gray i Chicago, den s. k. *harmoniska* telegrafen, samt af fransmannen Mercadier. Intet af ifrågavarande system har likväl ännu lyckats få någon vidare praktisk användning, hvilket till största delen beror därpå, att de icke kunna med fördel begagnas annat än å korta ledningar. Det finnes emellertid ganska stor sannolikhet för att fonotelegrafien framdeles kan komma att få stor betydelse, sedan man fullkomligt löst problemet att borttaga det störande inflytandet af ledningarnas laddningsförmåga.

Multiplextelegrafering. Bland de telegrafsystem, som åsyfta att på en gifven tid befordra största möjliga antal telegram på en och samma tråd, torde här slutligen böra omnämnas de s. k. *multiplextelegraferna.*

Det erfordras alltid en viss *tid*, om ock ytterst kort, innan den ström, som genomgår lindningarna t. ex. i elektromagneten å en morseapparat, hinner neddraga

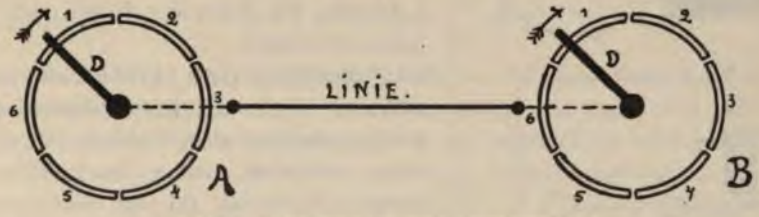


Fig. 516. Distributor för multiplextelegrafering.

dess ankare. Likaså stannar detta kvar i sitt nedre läge ett kort ögonblick, efter det strömmen upphört. För att ankaret skall kvarhållas i sitt arbetsläge under en viss tid, t. ex. under det ett Morse-streck bildas, är det sålunda ej nödvändigt att ström oafbrutet genomgår elektromagneten: strömmen kan under denna tid vara afbruten en eller flera gånger, blott icke afbrotten blifva så långvariga, att ankaret hinner slå upp.

Af detta förhållande har man begagnat sig vid multiplextelegraferingen. Man låter linietrådens båda ändpunkter förmedelst en s. k. *distributor* förflyttas successivt och med stor hastighet från den ena till den andra af de apparater, från hvilka telegrafering å linien skall äga rum. Distributorn består i sin enklaste form af en cirkelrund metallskifva, uppdelad uti så många från hvarandra isolerade sektorer, som det finnes apparater vid hvardera änden af linien. Hvarje sektor är förbunden med sin apparat. Öfver skifvan roterar med jämn hastighet en arm, uppbärande en släpfjäder, hvilken under armens rörelse bildar kontakt med de särskilda sektorerna.

Fig. 516 visar principen för distributorn. L är linietråden, hvilken slutar å ändstationerna A och B i armarna D, som rotera med fullkomligt samma hastighet och åt samma håll. Därvid kommer linien att successivt förbinda apparatparen 1—1, 2—2, 3—3 o. s. v. med hvarandra. Dispositionen öfver linien är sålunda

icke permanent för hvarje apparatpar, utan begränsad till bestämda, periodiskt återkommande tidsmoment, åtskilda af afbrott i ledningssammanhanget. Som emellertid armarna röra sig med betydlig hastighet, komma apparaterna 1—1, 2—2, 3—3 o. s. v. i förbindelse med hvarandra flera gånger i sekunden, och telegrafering kan därför försiggå obehindradt å hvarje apparatpar för sig, precis som om hvart och ett af dem disponerade en särskild linie. Gifvetvis är det af största vikt, att de båda distributorarmarna D, D förflytta sig fullkomligt liktidigt; den minsta skiljaktighet vore tillräcklig att göra telegraferingen omöjlig. Antalet apparater, eller, såsom de här pläga kallas, *delstationer*, vid hvardera änden af linien är i allmänhet fyra, högst sex.

Multiplextelegrafering anordnades första gången 1872—73 af Bernhard Meyer i Paris, och detta system kom flerstädes till användning. Emellertid visade det sig vara förenadt med stora svårigheter att få fullkomlig synkronism (liktidighet) rådande mellan distributorarmarna. Denna svårighet har emellertid lyckligt lösts af den förut omnämnde danske professorn la Cour genom konstruktionen af det s. k. *tonhjulet*. Med användande af denna uppfinning utarbetade Patrick B. Delany i New-York åren 1882—1884 ett multiplexsystem, som f. n. är i bruk i Amerika och England och som visat sig särdeles användbart.

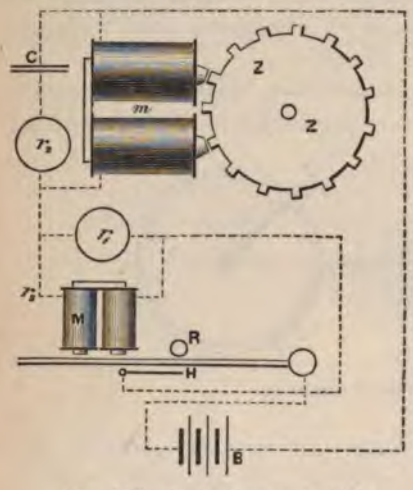


Fig. 517. P. la Cours tonhjul.

Tonhjulet (fig. 517) är en cirkelrund skifva z af järn, i kanten försedd med fyrkantiga utsprång eller tänder, hvilka, då skifvan sättes i rotation, komma tätt framför och påverkas af polerna till en elektromagnet m. Till tonhjulet hör en vibrator R med tillhörande elektromagnet M samt ett batteri B. Vid vibratorstångens svängningar uppkommer i ledningskedjan genom båda elektromagneterna en serie kortvariga strömmar, på samma sätt som förut beskrifvits vid de fonotelegrafiska apparaterna. För hvarje sådan strömstöt framflyttas tonhjulet z, sedan det väl blifvit igångsatt, en tand, och hjulet kommer sålunda att rotera med en likformig hastighet, som är beroende af den, hvarmed vibratorstången oscillerar.

Delany anordnade nu sitt multiplexsystem så, att han förband distributorarmarna med dylika tonhjul. Hjulen å liniens båda ändstationer försågos med vibratorer af samma svängningstal, och därigenom ernåddes, att tonhjulen och sålunda äfven distributorarmarna kommo att rotera med fullkomligt samma hastighet.

I Delanys system, liksom i Meyers, sker telegraferingen med Morse-skrift, och de vanliga Morse-apparaterna kunna användas i det förstnämnda systemet, hvilket är af stor fördel. Delanys multiplextelegraf finnes anordnad för samtidig expediering af ända till 6 telegram.

Ett multiplexsystem, som ådragit sig stor uppmärksamhet och som mycket användes i Frankrike, patenterades år 1874 af Baudot. Detta system har sedan dess undergått flerfaldiga förbättringar och kan numera räknas som ett bland de bästa. Baudots apparat är på samma gång en trycktelegraf; telegrafskriften åter-

gifves å en pappersremsa direkt med bokstäfver, på samma sätt som med Hughes' trycktelegraf. Telegraferingen försiggår å en manipulator med 5 särskilda tangenter, hvilka nedtryckas i olika kombinationer för de olika bokstafs- och sifferteckнen. Likasom i Delanys och Meyers multiplexsystem verkställes liniens tidsfördelning mellan de särskilda delstationerna medelst synkront roterande distributorarmar. — Baudots system i öfrigt är emellertid alltför invecklad för att här kunna i korthet beskrifvas.

Såsom upplysande angående olika telegrafsystems arbetsprodukt må här anföras följande uppgifter angående den största hastighet, som blifvit iakttagen inom engelska telegrafverket, för de viktigaste af därstädes använda telegrafsystem.

	Antal telegram pr tråd i timmen.	Antal telegrafister vid hvardera änden af linien.	Antal telegram pr telegrafist i timmen.
Morse: Simplex sounder	61	1	61
Duplex sounder	112	2	56
Quadruplex sounder . . .	249	4	62,25
Multiplex: Triod sounder	156	3	52
Tetrod sounder	208	4	52
Hexod sounder	312	6	52
Hughes	106	2	53
Wheatstone	412	9	45,77

Kombinations- och hjälpapparater. Å en telegrafstation måste utom de egentliga telegrafapparaterna finnas åtskilliga andra instrument för olika ändamål. Taga vi som exempel en vanlig Morse-station, till hvilken flera ledningar äro införda, finna vi därstädes uppsatta flera olika apparater förutom skrifmaskinerna med sina nycklar.

Åskledaren är det första instrument, till hvilket ledningen inkopplats å stationen. Med hänvisning till hvad härom redan blifvit sagdt i det föregående (sid. 202, 203) må här endast tilläggas den anmärkning, att vid mycket starkt åskväder ledningarna i åskledaren sättas direkt till jord medelst en propp. Stationen är då helt och hållet afstängd för all telegrafering.

Galvanoskopet är en vanlig multiplikator med tillhörande magnetnål, inlänkad å hvarje apparatsystem inom stationen. Af nålens svängningar ser telegrafisten, om ström finnes i ledningen eller icke. Galvanoskopet förses ofta med en elektrisk väckarklocka.

Linieväxeln utgöres af ett antal metallskifvor försedda med propphål, så att man medelst proppflyttningar kan förena olika skifvor. Hvarje utifrån kommande linie har sin särskilda skifva i växeln, äfvensom hvarje apparatsystem inom stationen. Genom att ändra propparnas ställning kan alltså hvarje linie förenas med hvilken apparat som helst inom stationen; äfvenså kunna de olika linierna efter behof förenas med hvarandra.

Strömledaren är en liknande inrättning, hörande till hvarje par af apparater. Genom proppflyttningar å densamma kunna apparaterna förbistängas, inlänkas för expediering af telegram och äfven, om så skulle erfordras, ställas för öfverdragning å någon ledning.

Å hvarje station böra därjämte finnas *undersökningsapparater* för att kunna undersöka beskaffenheten af batterier och linier samt bestämma arten och läget af

uppkomna fel å linierna. Batteriundersökning sker med tillhjälp af *tangentbussol* af vanlig konstruktion. För linieundersökningar, särskildt för mätning af motstånd, användes en *differentialgalvanometer* med tillhörande *reostat*. Har t. ex. någonstädes å en linie uppkommit en total afledning, uppmätes liniens motstånd till denna punkt. Med kännedom om motståndet på en kilometers linielängd kan därefter afståndet från stationen till felet lätt beräknas, hvilket är af stor fördel att känna vid felets uppsökande och reparation.

Strömkällor. Den för telegraferingen erforderliga elektriska strömmen alstras i de flesta fall af galvaniska batterier. I svenska telegrafverket användes så godt som uteslutande *Bunsens kromsyreelement* med kol och zink som elektroder (jfr sid. 17). Inom telegrafien användes emellertid rätt mycket äfven Daniells element i olika modifikationer (jfr sid. 15).

Under de senare åren hafva emellertid på många stationer de galvaniska batterierna blifvit ersatta med *dynamomaskiner* eller med *ackumulatorer*. Det är i synnerhet på de stora telegrafstationerna i Amerika, som de förra direkt användas som strömkällor. Ackumulatorerna komma sannolikt på grund af sina goda egenskaper att alltmera införas å stationer med betydlig strömförbrukning. Utom andra fördelar vinnes härigenom en ganska afsevärd nedsättning i kostnaden. Vid svenska telegrafverket äro ackumulatorbatterier f. n. i bruk på telegrafstationerna i Stockholm, Göteborg, Sundsvall, Örebro, Luleå och Nässjö, och afsikten är att införa dem å ytterligare åtskilliga stationer. Ackumulatorernas laddning sker med ström från dynamomaskin, där sådan kan erhållas, annars från ett batteri af vanliga staplar, hvartill då Meidingers modifikation af Daniells element synnerligen väl lämpar sig.

Telegrafledningar. Till hvad härom blifvit i det föregående anfördt (sid. 109—115) må här endast fogas den anmärkning, att man sedan vid pass 20 år tillbaka i Tyskland nedlägger de flesta viktigare ledningarna i jorden i stället för att bygga vanliga stolplinier. Härför användas isolerade kablar af förut beskrifven beskaffenhet. Ledningarna blifva sålunda nästan fullkomligt skyddade mot verkningarna af atmosfärisk elektricitet och dessutom — hvad som måhända varit det bestämmande för denna åtgärd — äfven under ett krig svåråtkomliga för en fiende.

Underhafstelegrafi.

De telegrafapparater, som vi hittills beskrifvit, äro i allmänhet afsedda för telegrafering å landlinier, om de än kunna användas äfven å kortare kablar. I alla händelser äro de ej användbara å de långa underhafsledningar, som förbinda kontinent med kontinent och hvilka erfordra telegrafapparater af vida större känslighet. Men det är ej endast med hänsyn till telegrafapparaterna, som underhafstelegrafien skiljer sig från landtelegrafien. Medan landlinierna, i allmänhet taget, med hvarandra förbinda platser, som äfven dem förutan skulle stå i liflig inbördes korrespondens, förbinda underhafskablarna länder och orter, som hafva långt mera osäkra och långt mera tidsödande kommunikationer. Underhafslinierna förringa betydelsen af *tid* och *rum* i vida mera framträdande grad än landlinierna. Växlin-

garna i de merkantila eller politiska förhållandena inom en eller annan världsdel blifva, tack vare dessa väldiga nervsträngar, snabbt och tydligt förnimbara å öfriga delar af jorden och inverka omedelbarligen på motsvarande förhållanden därstädes. De stora underhafsledningarna äro därför af den största betydelse för hela mänskligheten intressen och samlif.

Anläggningen af en underhafsledning skiljer sig i tekniskt afseende i hög grad från anläggningen af en ledning å land och ställer sig äfvenledes betydligt dyrare. En sådan telegraflinie borde därför vida intensivare tillgodogöras för att blifva hvad man på affärsspråket kallar »räntabel». Om man besinnar, att exempelvis de tio kabellinierna mellan Europa och Amerika ha kostat mera än hela Tysklands telegrafnät, men att ordantalet i de å dessa linier dagligen växlade telegram är rent af försvinnande gentemot dem, som snart sagdt trängas med hvarandra på sistnämnda nät, så kan man förstå, att en underhafskabel mellan tvenne världsdelar är ett företag af helt annan betydelse, äfven ur affärssynpunkt, än en telegraflinie å land. Allt hvad som berör underhafstelegrafien skiljer sig därför så väsentligt från det, som handlar om landtelegrafien, att den med allt skäl kan anses böra, som här sker, behandlas som en afdelning för sig.

De första försöken att nedlägga undervattensledningar gjordes ganska tidigt. Redan år 1786 ledde professor Winkler i Leipzig friktionselektricitet genom långa trådar under Pleisseflodeu. Emellertid kan man ej jämföra förhållandena vid dessa ofullständiga försök med dem, som äga rum vid nedläggandet af en kabel, som har en längd af tusentals mil och nedsänkes på ett djup af mer än 5,000 meter. Härvid förekomma svårigheter af alla slag, som hvarje minut förnyas och af hvilka en enda kan vara tillräcklig att i hafvets djup ohjälpligt begrafva frukten af årslånga arbeten och mödor.

För Winkler och hans tid hade saken ett rent vetenskapligt intresse. Däremot var vid de försök, som chefen för det brittiska telegrafväsendet i Ostindien, sir William O'Shanghessy, anställde i Hugly vid Calcutta, äfvensom vid de undervattensledningar, Morse 1842—43 utförde i Amerika, det praktiska gagnet hufvudsaken. Det första verkligen utförda företag i denna väg torde dock vara den undervattenstråd, som öfverste Colt 1846 nedlade från New-York genom Eastriver till Brooklyn. I Europa hade visserligen tanken på telegrafledningar under vatten flera gånger uppstått, och särskildt hade den ofta nämnde fysikern Wheatstone 1840 till parlamentet ingifvit ett förslag att förena Dover med Calais medelst en undervattenstråd; men man hade ännu ej lärt sig inse behofvet däraf. Utom det ringa förtroende, som man ur ekonomisk synpunkt hyste till företag af denna art, funnos ock ännu många tekniska ofullkomligheter, som först måste undanrödjas, innan öfvertygelsen om sakens praktiska utförbarhet kunde vinna allmännare insteg. Det var i synnerhet trådarnas isolering, som beredde stora svårigheter. Först sedan kautschuk och guttaperka börjat allmännare förekomma i handeln, erhöll man ämnen, som kunde utgöra tillräckligt tillförlitliga isoleringsmedel för i vatten nedlagda trådar. Werner Siemens i Berlin och Armstrong i Amerika gjorde de första försöken med guttaperka som isoleringsämne, och den förre konstruerade äfven — som vi redan omtalat — maskiner för att förse metalltrådar med dylikt omhölje.

Redan 1849 telegraferade Walker genom en omkring 14 km. lång, i hafvet nedlagd ledning, och John W. Brett, som af franska regeringen erhållit 10 års patent på undervattensledningar mellan Frankrike och England, nedlade den 23

augusti 1850 en 43 km. lång tråd mellan Calais och Dover. Den 2 mm. tjocka och med en guttaperkahylsa omgifna tråden afrullades lyckligt och väl från ångfartyget Goliat, och då fartyget hade en hastighet af 3—4 knop, var arbetet fullbordadt på aftonen. För att kvarhålla kabeln på hafsbottnen fästes på vid pass hvar hundrade meter blysänken af omkring 8 kg. vikt. Alla svårigheter blefvo lyckligt besegrade, men glädjen varade ej länge, ty kabeln, sönderskuren, som det påstods, af nyfikna franska fiskare, vägrade inom några dagar att göra tjänst.

Detta afskräckte likväl ej den plötsligt vaknade företagsamheten. Man tillverkade en mycket tjockare kabel af fyra koppartrådar, hvilka hvar för sig voro omgifna af en dubbel guttaperkaklädsel, alla fyra sammanlindades med hampa, dränkt i tjära och talg, till en enda grof tross. Det hela omspanns slutligen med tio förzinkade järntrådar af omkring 7 mm. tjocklek, så att hela kabeln erhöll en ganska stor diameter. Nedläggningen skedde den 25—27 september 1851. Denna kabel, som tillkom till stor del på grund af den verksamma hjälp, Brett erhöll af Crampton, hvilken äfven gaf kabeln dess konstruktion, arbetar ännu i dag, ehuru den undergått många reparationer, sedan den först nedlades, och äfven delvis ersatts af annan kabel.

Sedan dess har ett stort antal telegrafkablar blifvit nedlagda genom floder, sjöar och haf. 1852 förenades England med Irland genom en kabel från Holyhead till Hoartl vid Dublin, hvars isoleringsförmåga, då man efter två år, sedan den af ett ankare blifvit skadad, åter upptog den, visade sig fullkomligt bibehållen. Året därpå förenades England och Belgien (Dover—Ostende), sedermera England och Holland, Danmark och kontinenten m. fl. genom dylika kablar.

Vid samma tid hade Brett erhållit koncession på nedläggandet af en kabel från Spezia öfver Korsika och Sardinien till Alger, en linie, som var af största vikt för Englands förbindelse med sina östra kolonier, ty en gång förd öfver Medelhafvet, skulle ledningens vidare framdragande utmed Afrikas och Asiens kuster icke längre erbjuda några synnerliga svårigheter. Men de ogynnsamma djupförhållandena, som fordrade, att kabeln skulle nedläggas öfver afgrunder af 3,000 meter, gjorde, att företaget strandade oaktadt de största ansträngningar. Kabelns hastiga utlöpande från de ännu ofullkomliga utläggningsapparaterna skadade den, och ehuru visserligen Korsika efter mångahanda svårigheter slutligen lyckligt uppnåddes, måste dock tråden kapas, då den afrikanska kusten kom i sikte, och hela företaget uppgifvas. I följd af bottnens stora ojämnheter hade nämligen en mycket större kabellängd förbrukats, än man beräknat; dessutom hade man måst kassera ett stycke, som blifvit skadadt; med ett ord, kabeln var slut, innan man kommit fram till målet. Visserligen var den efterskrifna förstärkningskabeln redan på väg, men medan fartyget formligen var förankradt vid kabeln på ett djup af nära 1,000 meter, uppväxte en storm; i följd af de ryckningar, som härigenom uppstodo, förlorade kabeln plötsligt sin ledningsförmåga och måste åter kapas, då en upphalning under sådana förhållanden ej var att tänka på.

Dessa arbeten hade upptagit nära två år; 1857 försökte man å nyo, men med lika liten framgång. Andra kabelnedläggningar, äfven i Medelhafvet, lyckades bättre, så t. ex. förbindelsen mellan Italien och Sicilien 1855, mellan Sardinien, Malta och Korfu 1858, undervattenskabeln genom Persiska viken för indiska linien genom Turkiet, den franska ledningen från Marseille till Alger o. s. v. Och på samma sätt som i söder utspann sig äfven i norden telegrafnätet all tätare. Den gynnsamma utgången af dessa företag framkallade den storartade tanken att sammanbinda gamla och nya världen medelst den elektriska tråden.

Amerikanerna berömma sig af att ha varit de första, som fallit på denna idé. Sporrad af den framgång, nedläggningen af kabeln mellan Dover och Calais haft, ville den amerikanske ingeniören Gisborne medelst en ledning öfver New Brunswick och Nova Scotia till ön Cape Breton, därifrån genom Aspy bay öfver New Foundland och genom Trinity bay och Atlantiska oceanen sätta det amerikanska telegrafnätet i förbindelse med den Gamla världens. Till anknytningspunkt utvaldes Valentia i Irland. Emellertid dröjde det länge, innan han lyckades samla de nödiga medlen, och först genom den namnkunnige entrepenören Cyrus Fields mellankomst bragtes saken i det skick, att man kunde gripa sig an med förberedelserna till själfva arbetet. Efter otaliga mödor, ansträngningar och motgångar skred man sommaren 1857 till utförandet. Afståndet mellan ändpunkterna utgjorde 2,700 km., men för säkerhets skull inlastade man 3,900 km. kabel. Företaget misslyckades dock; kabeln sprang nämligen, när man kommit 1,900 km. väster ut från Irland.

Sommaren därpå gjordes ett nytt försök. Kabeln bestod af en enda, af sju fina koppartrådar sammansnodd ledningstråd. Närmast omgafs denna tråd af tre koncentriska guttaperkalager och hade däröfver en hampbetäckning, som i sin tur omslöts och sammanhölls af aderton strängar af sammansnodd järntråd. Kabeln synes i jämförelse med andra, t. ex. den, som nedlades mellan Sardinien och afrikanska kusten, vara tämligen svag, men oceankabeln är mycket mindre utsatt för förstöring än en ledning, som nedlägges närmare kusten, där vattnet är grundare. Därför blefvo äfven invid kusterna starkare kablar sammansplitsade med hufvudkabeln.

Meningen var, att nedläggningen skulle ske på det sätt, att två skepp, Agamemnon och Niagara, åtföljda af två andra fartyg och lastade med hvar sin hälft af kabeln, skulle begifva sig till en punkt midt emellan de båda ändstationerna, här hopsplitsa de båda hälfterna och sedan verkställa nedläggningen åt hvar sitt håll. Kabeln låg i lastrummet hoprullad i en jättestor ring och utlöpte i följd af sin egen tyngd och skeppets rörelse med en hastighet af 5—6 knop i timmen.

En hufvuduppgift var att ej genom olämpliga rörelser hos fartyget utsätta kabeln för ännu större spänning än den, som förorsakades af hans egen tyngd. Man fick därför hvarken gå för fort eller för långsamt, ty en slitning af kabeln hade naturligtvis varit detsamma som hela företagets misslyckande. För att få den i djupet utlöpande kabelns hastighet att öfverensstämma med fartygets erfordras dels en dynamometer, som anger kabelns spänning, hvaraf man kan sluta till den hastighet, hvarmed utlöpandet sker, dels en bromsinrättning.

Upprepade gånger var faran nära. En gång gick en hval rakt under skeppets akter, en annan gång upptäcktes ett skadadt ställe för sent, och ingen trodde på möjligheten att kunna medhinna reparationen, innan den oskadade delen utlupit. En annan gång styrde en amerikansk ångare rakt på kabeln och skulle ofelbart slitit af honom, om ej Agamemnon i tid ändrat kurs. Bägge kabelskeppen stodo oupphörligt i telegrafisk förbindelse med hvarandra. Hvilken oro blef det ej, då signalerna en gång uteblefvo genom något fel i batteriet. Man sväfvade oupphörligt i ångest att få höra det nedslående ordet »afsliten» och se årslånga mödor och stora summor onyttigt bortkastade. Den 3 augusti hade man utlagt 1,400 km., och den 5 augusti kl. 6 f. m. kastade Agamemnon ankar i Valentia bay; kort därpå förkunnade den första depeschen, att äfven Niagara lyckligt landat vid New Foundland.

Denna gång hade saken således aflupit lyckligt. Hela afståndet mellan Trinity bay på New Foundland och Valentia i Irland utgör 2,700 km., och omkring 3,400

km. kabel hade utlupit. Kostnaden för anläggningen hade uppgått till inemot 22,000,000 kr. Drottning Viktorias lyckönskningstelegram till presidenten Buchanan i Förenta staterna erfordrade för sin expediering 16 timmar, ty kabeln förhöll sig i vattnet som en leydnerflaska, hvilken först måste laddas, innan den kan göra tjänst.

Tyvärr blef dock jublet öfver företagets lyckade utgång kort, ty det visade sig snart, att kabeln var otjänstbar. Signalerna blefvo småningom otydliga, därefter allt svagare och upphörde slutligen helt och hållet. Orsaken till denna envisa tystnad sökte man på mycket olika ställen, men hvar den än låg, var den ej lätt att finna. Lyckönskningarna den 5 augusti 1858 mellan de båda statsöfverhufvudena blefvo på detta sätt den dyrbaraste korrespondens, som någonsin ägt rum på jorden. Inalles hade till den 1 september, då kabeln upphörde att göra tjänst, ej mer än 129 depescher från Europa och 271 från Amerika blifvit befordrade genom densamma.

Oaktadt misslyckandet af detta företag dröjde det ej länge, innan man började yrka på ett upprepande af försöket. Aktieteckning sattes på nytt i gång, och i början af 1864 syntes företaget så pass betryggadt, att man kunde taga i tu med tillverkning af en ny kabel. Med ledning af den vunna erfarenheten och af de försök, som för ändamålet verkställts af en kommitté, tillsatt af engelska regeringen, samman-

Fig. 518. Oceandelen af 1865 års atlantiska kabel.

sattes kabeln på något annorlunda sätt än de föregående. Utförandet öfvertogs af den engelska firman Glass & Elliot; järntrådarna levererades från Webster & Horsfalls fabrik i Birmingham, en tämligen betydlig leverans, ty såsom fig. 518 visar, bestod kabeln af en sjudubbel ledningstråd af koppar, som isolerades genom en fyrdubbel guttaperkabeklädnad och genom en särskildt preparerad hampbetäckning skyddades mot skadliga yttre inverkningar. Det hela omgafs spiralformigt af tio ståltrådar, omspunna med tjärad manillahampa. Kabeln hade en diameter af 27 mm.; för sträckningen närmast kusten, där man hade att frukta afnötning i följd af strömmar och vågsvall, erhöll den en ytterligare armering af tolf järnlinor, hvar och en bestående af tre galvaniserade, 6,5 mm. tjocka järntrådar (fig. 519). Efter verkställd undersökning inlastades kabeln på ångskeppet Great Eastern, som den 22 juli 1865 anträdde sin färd från den irländska kusten väster ut. Befälet å Great Eastern fördes af kapten Anderson, arbetet leddes af Canning; William Thomson samt F. Varley medföljde som elektriska ingeniörer. Redan på andra dagen visade sig kabeln felaktig, och mera än 10 eng. mil kabel måste tagas upp igen, innan felet upptäcktes. Detta befanns vara orsakadt af ett stycke metalltråd, som inträngt i kabeln och ställt till kontakt mellan koppartråden och armeringen. Sedan flera dylika fel visat sig och med stor möda blifvit upptäckta och reparerade, kom kabelmaskineriet i olag, så att fartyget måste stanna. Prisgifvet åt vind och vågor, kom det stora skeppet i stark

gungning, så att kabeln skadades på tvenne ställen. Innan dessa hunnit lagas, brast kabeln och försvann i djupet. Alla ansträngningar att upplyfta den voro fruktlösa, och Great Eastern måste i slutet af augusti återvända till Irland.

Man hade lärt mycket men hade åter fått betala dyra lärpenningar. Icke desto mindre samlades på kort tid därefter ett kapital af 10,800,000 kr. En ny kabel för ett nytt försök tillverkades, 3,000 km. lång, med en vikt af vid pass 1 kg. pr längdmeter och en diameter af 27 mm., nya kabelhalningsmaskiner byggdes, och innan ett år tilländalupit, ångade Great Eastern den 13 juli 1866 för andra gången ut från Valentia, och fjorton dagar därefter, den 27 juli, fördes den andra änden af af den atlantiska kabeln i land vid New Foundland. Föreningen fullbordades ännu samma afton, och tillkännagifvandet häraf var innehållet af det första telegram, som denna gång skickades från västra till östra halfklotet. Arbetet hade lyckats. Det andra telegrammet i ordningen var från drottning Viktoria till presidenten Johnson. Presidentens svar, innehållande 78 ord, aftelegraferades på 10 minuter.

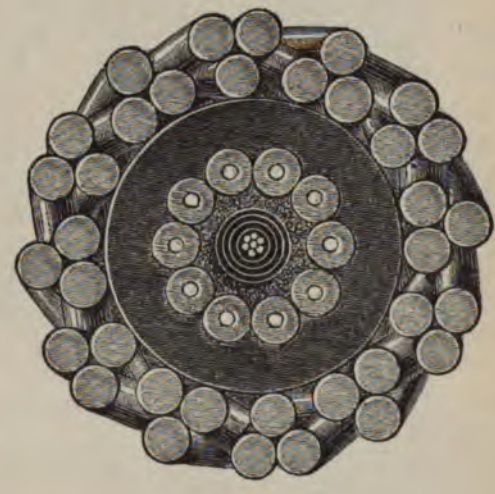


Fig. 519.
Kustdelen af 1865 års atlantiska kabel.

Det första handelstelegram, som London genom den atlantiska kabeln mottog från Amerika, innehöll kursen för den 28 juli: »Guld 50, London 164 1/2, bonds 7 1/4, bomull 36 c. stilla.» Detta telegram flyttade med ens den gamla världen tolf dagar närmare den nya, ty de sist ankomna underrättelserna med ångbåt hade den 16 juli afgått från New-York. Efter kriget mellan Preussen och Österrike telegraferades vid riksdagens öppnande det preussiska trontalet till Amerika, det första telegrammet af större omfång. Två dagar sedan talet hållits i Berlin, kunde man läsa det i alla nordamerikanska tidningar. Den bekante millionären Peabody hade betalt telegramportot, 16,000 kr.

Den lyckliga utgången framkallade en önskan att upptaga den kabel, som året förut gått förlorad, och om den ännu befunnes brukbar, hvilket ej gärna kunde betviflas, hopsplitsa den samt nedlägga en andra ledning till New Foundland. Företaget sattes genast i verket. Great Eastern med sin upphalningsmaskin gick å nyo till sjös den 9 aug. samma år. Först måste man uppsöka ett ställe, där kabeln ej låg på för stort djup, för att fatta den med draggen, utan att den sletes af genom sin egen tyngd. Så snart man funnit ett sådant, sattes lyftmaskinen i gång. Draggen hade redan fattat kabeln flera gånger och denna till och med varit synlig men åter gått till botten, och först den 31 augusti lyckades man att från 1,900 famnars djup hala upp kabeln till 800 famnar under hafsytan och med upphalningståget förankra den vid en boj. Hur besvärligt och farligt detta arbete var, kan ses af fig. 520. Sedan kabeln fångats på två andra punkter, ett par mil längre öster ut,

Fig. 520. Den funna atlanterkabelns förankring vid en boj (1866).

började den sista lyftningen den 2 september kl. 1 på natten. Spänningen växte med hvarje minut. Ändtligen höjde den sig, fattad af gripankaret (fig. 521) öfver hafsytan och bragtes under oändligt jubel lyckligen ombord. En timme därefter hade

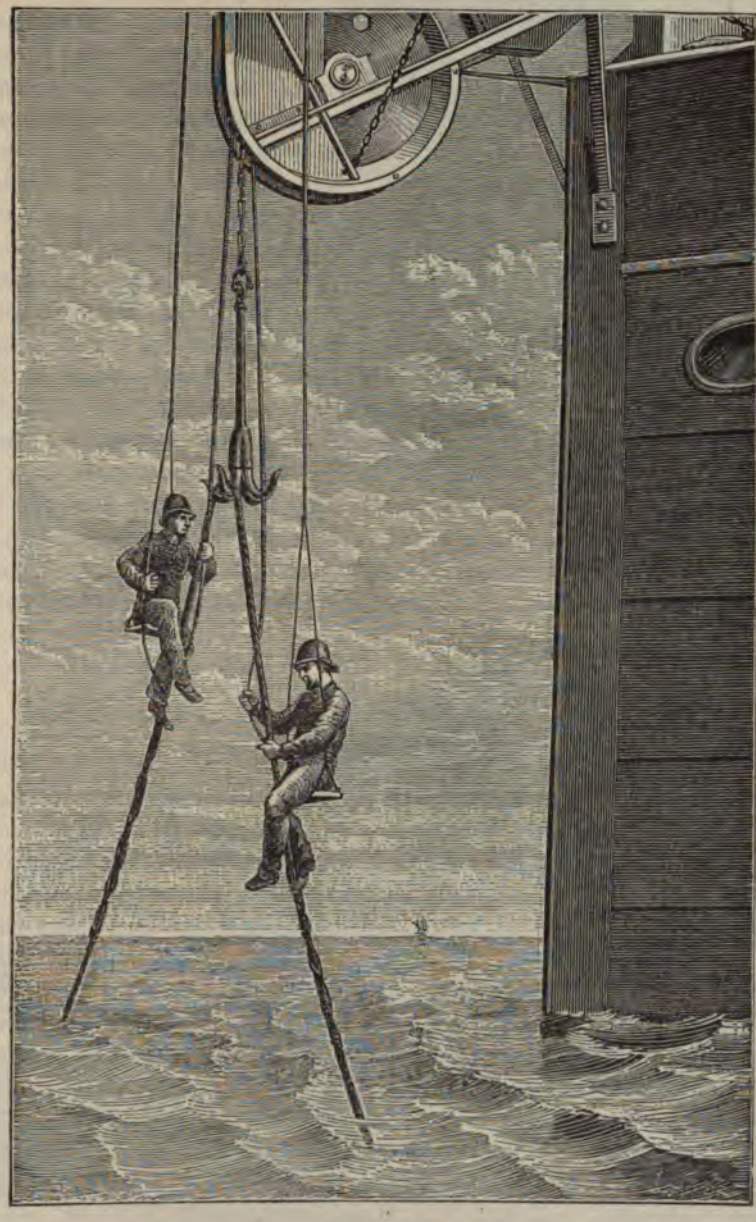


Fig. 521. Oceankabelns upphalning.

man svar på den genast till Valentia afsända depeschen. Änden hopsplitsades med den kabel, som fanns ombord, och Great Eastern fortsatte samma dag sin kurs. Den 8 september voro de båda världsdelarna förenade med en ytterligare ledning.

Prof anställdes nu för att utröna, om kabeln lidit något men af sin årslånga hvila på hafsbottnen. Dessa utföllo så, att den i afseende på isolationsförmåga snarare syntes ha vunnit därpå och visade sig bättre än 1866 års kabel.

Båda kablarna gå nästan parallelt med och på några få mils afstånd från hvarandra. 1866 års kabel ligger något sydligare. Denna senare kabels hela längd är 1,852 sjömil, då däremot 1865 års kabel kom att erhålla en längd af 1,896 sjömil. Med läggandet af dessa båda kablar var ett fast underlag för anordnandet af underhafsförbindelser vunnet, så att sedan dess framställandet af fullgoda kablar och deras nedläggning ej erbjudit väsentliga tekniska svårigheter.

Så dyra än de båda atlantkablarna voro, lämnade de likväl sina ägare god utdelning. Oaktadt den höga taxan — till en början 15 kr. ordet (nu kostar ett telegram från Sverige till New York endast 1,50 kr. ordet) — blef korrespondensen mycket liflig, så att det snart visade sig nödvändigt att nedlägga ännu flera sådana kablar. Redan tjugu år senare funnos mellan Europa och Amerika tio särskilda kablar, de båda första af 1865 och 1866 oberäknade, hvilka på grund af uppkomna fel måst upptagas åren 1873 och 1877. På samma sätt som Nordamerika har äfven Sydamerika förbundits med Europa medelst kablar, äfvenså hafva telegraflinierna öster ut utsträckts till Japan och Kina samt till Australien. Förutom dessa hufvudförbindelser hafva en mängd smärre hafskablar utlagts, så att i närvarande stund ett stort kabelnät, omfattande 162,000 sjömil kabel för en kostnad af 760 millioner kronor, förbinder med hvarandra alla jordens orter af större betydelse. Det enda haf, som ännu ej korsas af någon kabel, är Stilla oceanen, men man har uppgjort planen att besegra äfven denna jätte och förbinda Kina med Amerikas västkust och att sålunda fullborda telegrafnätet rundt kring jorden. Vid slutet af år 1894 fanns det i hela världen 1,304 undervattenskablar, samt 41 ångare uteslutande använda för kablarnas underhåll och tillsyn.

Utläggning af hafskabel. Ehuru »Great Eastern» på ett lyckligt sätt fyllde sin uppgift som kabelångare, kom man dock till insikt om att utläggning af oceankablar på fullt tillfredsställande sätt kräfde fartyg, särskildt byggda och inredda för ändamålet. Det första ångfartyg af detta slag, som kom till stånd, var »*Hooper*», om 5,000 tons, tillhörigt firman Hooper & C:o. År 1874 läto Siemens Brothers bygga ett nytt kabelfartyg, »*Faraday*», hvilket sedan dess utlagt många kablar och ännu i flera afseenden kan gälla som ett mönsterfartyg för detta ändamål. »Faraday» är 120 m. långt, 17 m. bredt och har ett djup af 12 m. Fartyget äger trenne stora kabelbehållare, 13 m. i diameter och 9 m. djupa, och har två ångmaskiner, som drifva hvar sin propeller. Roder finnes äfven i fören, på det att styrning må kunna försiggå säkert, äfven vid backning.

Kabelbehållarna äro cylindrar af järnplåt, i hvilka kabeln inlägges i spiraler, lagrade i hvarf ofvanpå hvarandra. Vid inlastningen ledes kabeln in på rullar, på det den ej må taga skada; begynnelseänden framdrages till ett rum i fartyget, där kabeln kan undersökas och hvarifrån korrespondens med fastlandet kan försiggå under hela utläggningsarbetet. Efter inlastningen fyllas behållarna med vatten till så stor höjd, att kabeln ligger helt och hållet nedsänkt däri. Så snart en kabelbehållare vid utläggningen börjar tömmas, saktar fartyget farten och kabeln i nästa behållare splitsas till. Utläggningen fortsättes därefter å nyo, hvarvid till en början stor försiktighet måste iakttagas, på det att skarfven ej må brista.

Vid utläggningen ledes kabeln från behållaren upp på fartygets däck, där densamma får genomgå ett särskildt maskineri, innan den lämnar fartyget och försvinner i djupet. Här finnes sålunda först en bromsinrättning (fig. 522), hvilken med skrufvar kan inställas så, att kabeln bromsas mer eller mindre starkt. Därifrån går den i tre till fyra hvarf kring en stor trumma (fig. 523), hopskrufvad af järnplåt och 2 m. i diameter. Denna är äfven försedd med broms för att reglera den utlöpande kabelns spänning. Sedan kabeln lämnat trumman, går den till dynamometern (fig. 524), å hvilken kabelns spänning direkt kan afläsas i kilogram. Denna spänning kan efter behof ökas eller minskas med tillhjälp af bromsarna. Det är af stor vikt, att kabeln vid utläggningen bibehåller en jämn spänning, hvarken för hög eller för låg. Från dynamometern ledes kabeln till själfva utläggningsrullen (fig. 525) och därifrån ut i hafvet.

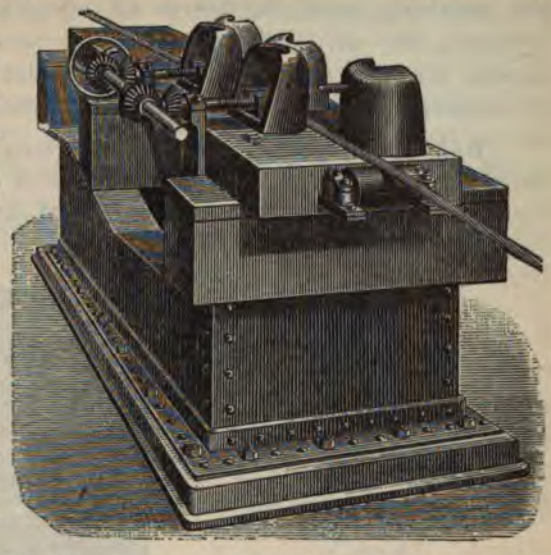


Fig. 522. Bromsapparat för reglering af kabelns spänning.

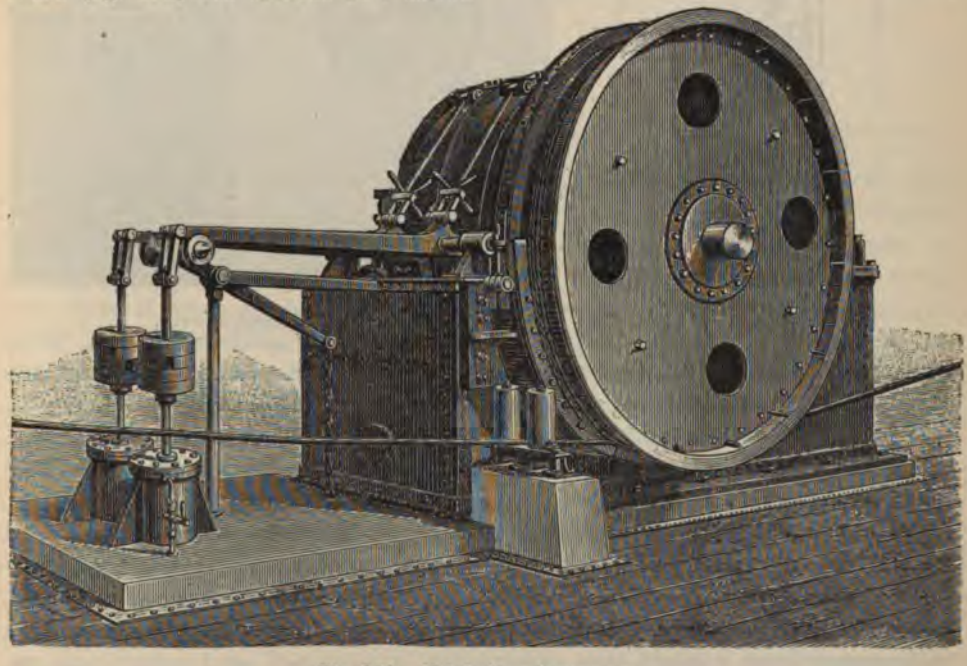


Fig. 523. Kabelutläggningstrumma.

Möjligen förekommande fel i en kabel kunna i allmänhet till läget bestämmas genom elektrisk mätning. För att emellertid kunna uppsöka och laga ett sådant fel

måste man nödvändigt känna kabelns läge å hafsbottnen så noga som möjligt. Vid kabelns utläggning iakttages därför noggrant den väg fartyget går, på samma gång som anteckning göres, för hvarje mil utlagd kabel, hvar fartyget då befinner sig. Därigenom blir det möjligt att, sedan man bestämt felets afstånd från land, kunna uppsöka och med ett gripankare upplyfta kabeln i närheten af det felaktiga stället för att efter dess närmare undersökning verkställa reparationen.

Kabelmätningar. Kablarna underkastas regelbundna mätningar så väl under tillverkningen och utläggningen som äfven sedan de utlagts och kommit i bruk. Vid dessa mätningar gäller det att bestämma kopparkärnans *motstånd*, *isolering* och *laddningsförmåga*. Redan vid tillverkningen uppmätas dessa tre kvantiteter för hvarje kabel, dels för att i tid kunna upptäcka och aflägsna möjligen uppkomna fabrikationsfel, dels för att hafva en noggrann specifikation å hvarje tillverkadt kabelstycke. Visar det sig t. ex., att en kabels motstånd är större än hvad det enligt gjorda beräkningar borde

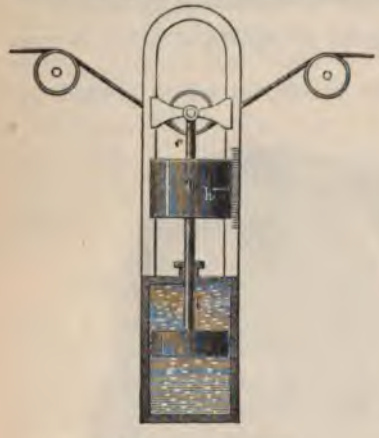


Fig. 524. Dynamometer.

Fig. 525. Utläggningsrulle.

vara, tyder detta på något fel i tillverkningen, vare sig att man användt koppar med dålig ledningsförmåga eller att ett afbrott uppkommit å tråden.

Om vid isolationsmätningen skulle iakttagas, att isoleringen är bristfällig, måste kabeln noga öfverses och möjligen befintliga skadade ställen å guttaperka- eller kautschuköfverdraget repareras.

Vid mätningen af ledarens motstånd jämför man detta med motståndet i en reostat. Som mätinstrument kan med fördel begagnas en s. k. »Wheatstones brygga» med spegelgalvanometer. Isolationsmotståndet uppmätes på liknande sätt, hvarvid kabeln bör vara nedsänkt under vatten, så att det erhållna resultatet motsvarar isolationsmotståndet i kabeln efter utläggningen.

Laddningsförmågan uppmätes genom att jämföra den mängd elektricitet, kabeln upptager, med den mängd, en kondensator af känd kapacitet upptager. Äfven för denna mätning användes spegelgalvanometer.

Alla instrument för kabelmätningar måste vara ytterst noggranna, och mätningarna måste göras med största omsorg för att blifva af värde. Mätinstrumenten måste isoleras på bästa sätt och uppställas så, att de ej utsättas för skakning eller andra störningar.

Apparater för underhafstelegrafering. Den mest framträdande olikheten mellan ledningar å land och hafskablar är deras olika förmåga att upptaga elektricitet i form af *laddning*. Medan landledningarna i allmänhet äro omgifna af luft och upptaga jämförelsevis liten laddning, har ledaren i en kabel alldeles i sin närhet ledande ämnen, armeringen samt vatten. Kabeln får därigenom en stor likhet med en laddflaska (sid. 93), där ledaren motsvarar den inre beläggningen, isoleringen glaset samt armeringen den yttre beläggningen. En kabel upptager därför mycket mera elektricitet än en ledning å land af samma längd, ända till 30 à 40 gånger mera. Och denna laddning hinner ej upptagas och icke heller afgifvas på en gång, utan härför fordras en ganska afsevärd *tid*. Till följd häraf kunna de strömstötar, som från en station utsändas i en kabelledning, icke genast göra sig märkbara å mottagningsstationen. Man måste för hvarje strömsändning beräkna så mycken tid, att strömvågen hinner fram till mottagningsstationen; i annat fall komma de aftelegraferade tecknen att sammanflyta och blifva otydliga.

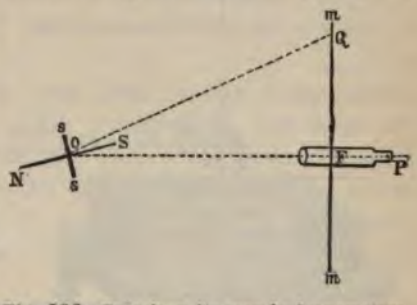


Fig. 526. Principen för spegelgalvanometern.

Kablarnas egenskap att upptaga laddning betingar således en betydlig minskning i telegraferingshastigheten; men å andra sidan gör den höga kostnaden det till ett önskemål att få denna hastighet så stor som möjligt. För att minska inflytandet af laddningen är man nödsakad att vid telegrafering å långa underhafsledningar använda endast svaga batterier. Detta medför också den fördel, att kablarnas bestånd ej riskeras, såsom då stora batterier begagnas. Det har händt, att strömmar med hög tension, som insläppts i kablar, skadat eller till och med förstört dem. Vid för stark spänning söker sig nämligen elektriciteten aflopp genom isoleringen och kan därvid genomborra denna.

Med så svaga strömmar, som det följaktligen här måste bli fråga om, äro emellertid de vid telegrafering å landledningar använda apparaterna oförmögna att arbeta, och man nyttjar därför vid telegrafering å långa underhafslinier apparater af vida större känslighet och af en helt annan konstruktion än för landlinier. Beskrifningen af dessa apparater bör börja med den af Gauss och Weber uppfunna *spegelgalvanometern*, ty detta instrument bildar utgångspunkten för alla apparater tillhörande underhafstelegrafien.

Fig. 526 visar principen för spegelgalvanometern. Magnetnålen NS är försedd med en liten lätt spegel $s\,s$, hvilken medföljer nålen i dess rörelser. På något afstånd framför spegeln finnes en graderad skala $m\,m$ och en tub F, så anbringad, att man genom densamma kan se skalan i spegeln. Då magnetnålen är i hviloläge, ser man i tuben t. ex. 0-strecket å skalan. Men om nålen gör en afvikning, såsom händelsen är å fig., så vrider sig äfven spegeln, och ett annat delningsstreck å skalan kommer att blifva synligt genom tuben. Man kan sålunda äfven vid mindre afvikningar bekvämt afläsa dessas storlek långt noggrannare, än om man försökte att

direkt observera nålens ställning. I stället för tuben kan man bakom skalan anbringa en lampa, hvars ljus genom en smal springa i skalan träffar spegeln och därifrån återkastas till något delningsstreck å skalan, som då angifver magnetnålens afvikning.

Gauss och Weber anordnade spegelgalvanometern på det sätt (fig. 527), att den med spegel försedda magnetnålen omgafs af en ram, kringlindad med isolerad tråd. Den ström, hvars styrka skulle mätas, fick passera ramens lindningar, och den afvikning, som nålen då gjorde, kunde med stor noggrannhet mätas på beskrifvet sätt. Spegelgalvanometern kan användas för uppmätande af de svagaste strömmar och är ett bland de finaste och noggrannaste mätinstrument som finnas.

En sådan spegelgalvanometer, om än af mycket förbättrad konstruktion, användes vid underhafstelegraferingen. Man låter ljusstrimman från en lampa, på sätt som ofvan omnämnts, falla på spegeln, hvilken då reflekterar ljuset på skalan. Allt eftersom strömmen i galvanometerns lindningar ändrar riktning, flyttar sig ljusstrimman åt höger eller vänster. Låter man då en afvikning åt ena hållet betyda ett streck och åt det andra en prick, kan på detta sätt telegrafering med vanliga Morse-tecken äga rum. För att lätt kunna följa ljusstrimmans rörelser måste man ställa spegelgalvanometern i ett mörkt rum, så att ljusbilden ej fördunklas af dagern.

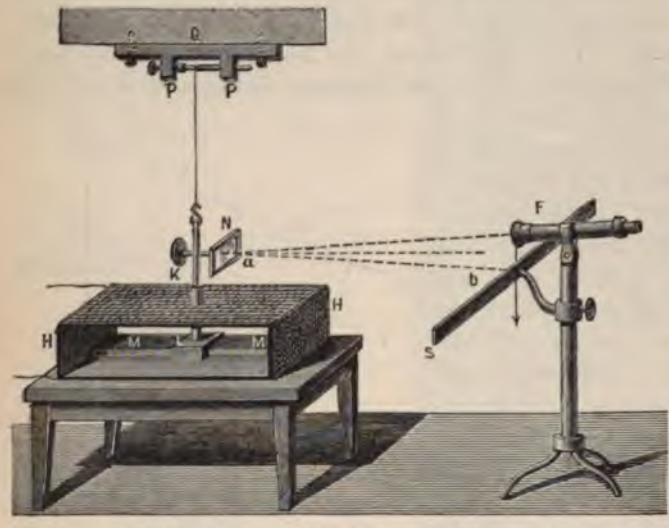


Fig. 527. Gauss och Webers spegelgalvanometer.

Att upptaga kabeltelegram är ett arbete, som icke blott fordrar trägen öfning utan också är i hög grad ansträngande. Icke en minut får gå förlorad, därtill är kabeln alltför dyrbar, och därför måste allt göras, för att afläsningen skall kunna försiggå så hastigt och på samma gång så korrekt som möjligt. Att detta ej alltid faller sig så lätt, följer däraf, att ljusstrimman i allmänhet ej gör skarpa och bestämda rörelser utan liksom tvekande utför sina afvikningar till höger eller vänster.

Anordningen af en nutida spegelgalvanometer för kabeltelegrafering framgår af fig. 528 och 529. Spolen består af flera tusen hvarf ytterst fin tråd, som omsluter ett kopparrör (fig. 529), i hvars ena ände magnetnålen med sin spegel är anbragt. Spegeln hänger i två korta, hårfina kokongtrådar; å dess baksida är magnetnålen fastlimmad. För att dämpa nålens rörelser är röret fylldt med glycerin.

Som afsändningsinstrument begagnas en s. k. *dubbelströmsnyckel*, fig. 530. Denna består egentligen af två särskilda, enkla nycklar, af hvilka den ena ger positiv ström, den andra negativ. Genom att nedtrycka dubbelströmsnyckelns ena häfstång utsändes alltså å kabeln en ström, motsvarande ett Morse-streck; nedtryckes den andra, erhålles en prick. Ofta anordnas nyckeln så, att den samtidigt sluter ett

lokalbatteri genom en skrifapparat å afsändningsstationen, hvadan det aftelegraferade telegrammet för kontrollens skull där blifver afskrifvet.

Fig. 531 visar ett ledningsschema för en underhafskabel med sina båda ändstationer. I är en strömbrytare, genom hvilken kabeln förbindes med spegelgalvanometern G eller med dubbelströmsnyckeln M, allt eftersom stationen skall mottaga eller afsända telegram.

Fig. 528. Spegelgalvanometer för underhafstelegrafi.

Fig. 529. Insättningsrör med spegel och magnetnål för spegelgalvanometern.

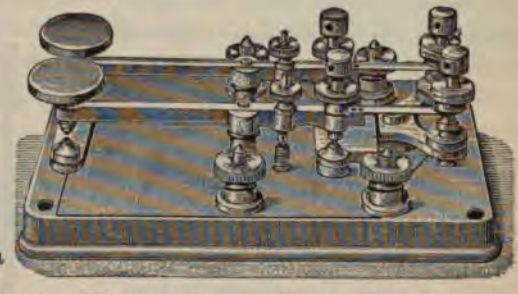


Fig. 530. Dubbelströmsnyckel för underhafstelegrafi.

Man har funnit det fördelaktigt att icke insläppa batteriströmmarna direkt i kabeln. För detta ändamål sättes kabelns båda ändar i förbindelse med hvar sin *kondensator* C med stor laddningskapacitet, på sätt fig. visar. Om nu t. ex. genom nedtryckande af ena häfstången å nyckeln M positiv ström utsändes, kommer denna att ladda motsvarande belägg å kondensatorn C_1 med positiv elektricitet. Denna laddning fördelar då den statiska elektriciteten i kabeln, så att negativ elektricitet

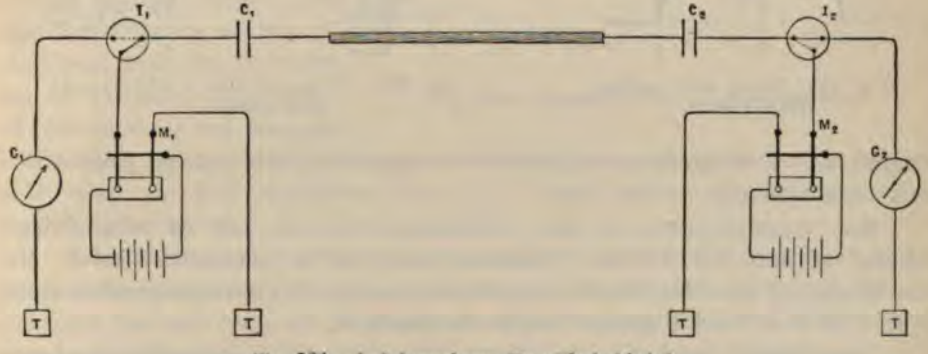


Fig. 531. Ledningsschema för underhafskabel.

samlar sig å kabelbeläggningen i kondensatorn C_1 och positiv i kondensatorn C_2. Här kommer åter den positiva laddningen å den kabeln tillhörande beläggningen att orsaka en strömning af negativ elektricitet till den andra beläggningen. Denna ström måste söka sig väg genom galvanometern G_2, och denna gör härvid utslag, precis som om ström från nyckeln M_1 fått direkt genomgå kabeln och därefter passera galvanometerns lindningar. Telegraferingen försiggår sålunda på det sätt, att den i kabeln befintliga statiska elektriciteten med tillhjälp af kondensatorerna fördelas och sättes i rörelse, på olika sätt för de olika tecknen. Ingen elektricitet insläppes alltså

utifrån i kabeln, och denna behöfver därför ej för hvarje tecken, som aftelegraferas, laddas och urladdas med elektricitet på samma sätt, som om batteriström direkt användes. Den fördelning af elektriciteten i kabeln, som på grund af kondensatorernas inverkan äger rum, utjämnar sig mycket hastigt, så snart nyckeln å afsändningsstationen återtagit sitt hviloläge, och kabeln är omedelbart färdig att upptaga ett nytt tecken.

Användningen af kondensatorer har äfven ett annat hufvudändamål, nämligen att förhindra jordströmmar genom kabeln. Jorden själf är nämligen laddad med elektricitet, hvars spänning kan vara olika på olika orter. Ju längre afståndet är dem emellan, desto större kan skillnaden i jordelektricitetens spänning vara. Enär denna spänning ständigt sträfvar att utjämna sig, är det klart, att jordelektriciteten, om tillfälle därtill gifves, skall söka sig väg genom kablarnas ledare. Detta skulle inverka i hög grad störande på telegraferingen och ofta omöjliggöra densamma. Genom användande af kondensatorer spärras vägen för jordströmmarna, och telegraferingen å kablarna försiggår fullt oberoende af jordelektricitetens olika spänning.

Fig. 532. Rörlig spole mellan magnetpolerna.

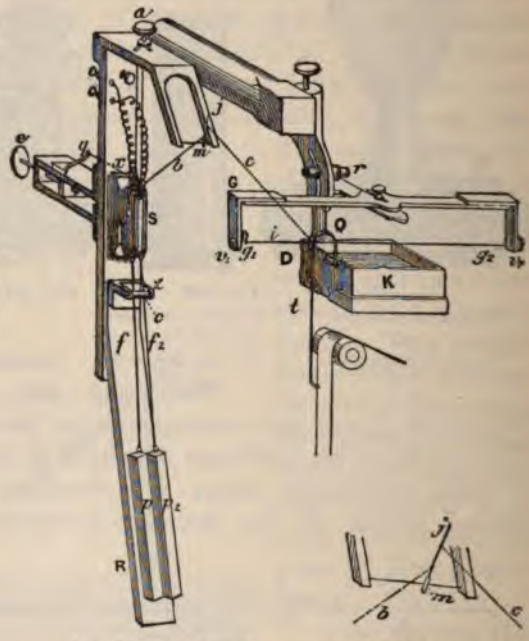


Fig. 533. Skrifmekanismen i Thomsons sifon-rekorder.

Med spegelgalvanometern som mottagningsinstrument kan en telegraferingshastighet af ända till 24 ord i minuten uppnås på en transatlantisk kabel. Om man försökte å en sådan ledning använda den vanliga Morse-skrifapparaten, skulle på sin höjd 1 à 2 ord i minuten kunna aftelegraferas.

Thomsons sifon-rekorder. För att äfven vid underhafstelegraferingen kunna erhålla bestående telegraftecken har man konstruerat *skrifapparater*, som verka äfven för ytterst svag ström. Märkligast bland dessa är den af sir William Thomson år 1867 uppfunna *sifon-rekordern*.

Mellan polerna N och S af en kraftig elektromagnet (fig. 532) hänger en liten ram, kringlindad af en mycket fin, isolerad metalltråd i många hvarf och lätt vridbar. Tvenne under ramen fästa trådar med motvikter hålla honom kvar i hviloläget. En i ramen instucken lös järnkärna tjänar till att förstärka dess magnetiska fält. Ramens lindningar äro förenade med kabeln; den vrider sig därför åt ena eller andra hållet alltefter riktningen af de strömmar, som ankomma genom denna senare.

Själfva skrifinrättningen utgöres af ett ytterst fint, häfvarformigt glasrör *t* (fig. 533), hvars spets befinner sig helt nära intill den af en motor framdrifna pappersremsan. Glasrörets öfre, omböjda ände är nedsänkt i ett litet kärl *K* med blå anilinlösning, och röret är fäst vid den horisontalt spända metalltråden *i*. Genom fina silkestrådar, *c* och *b*, står glasröret i förbindelse med den nyss beskrifna ramen på det sätt, att ramens rörelser öfverflyttas till röret, hvars nedre ände därvid får en fram- och återgående rörelse, beroende på beskaffenheten af de strömstötar, som genomgå ramen. Om nu pappersremsan samtidigt framdrifves, uppkommer å densamma en vågformig skrift, s. k. »*slangskrift*» (fig. 534), hvilken just utgör den åsyftade nedskrifningen af telegraftecknen. Afläsandet af denna skrift fordrar ej obetydlig öfning för att kunna försiggå raskt. Bokstäfverna äro emellertid ej så svåra att urskilja, då man vet, att de uppåtböjda vågorna beteckna Morse-alfabetets punkter, de nedåtböjda dess streck.

Glasrörets spets får vid skrifningen ej beröra pappersremsan, enär detta skulle medföra hinder i dess rörelse. För att färgen det oaktadt skall öfvergå till remsan, står färgbehållaren *K* i förbindelse med ena polen af en elektricitetsmaskin. Den elektriska spänningen gör, att små färgpartiklar ständigt hoppa öfver från röret till remsan.

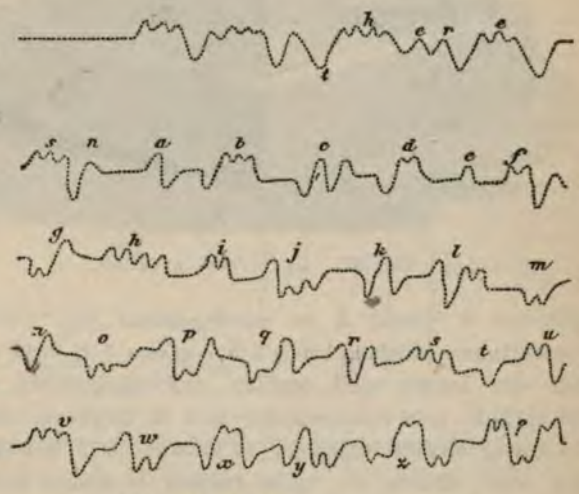


Fig. 534. Slangskrift med Thomson-apparaten.

Sifon-rekordern är en synnerligen känslig apparat, och dess skrifinrättning fordrar ytterst ringa kraft för att verka. Om det än ligger i sakens natur, att rekordern ej kan begagnas å lika långa underhafslinier som den ännu känsligare spegelgalvanometern, har den likväl visat sig fullt användbar äfven å så långa sträckor som kablarna mellan England och Amerika.

Telegrafapparater för kortare kablar. Å underhafsledningar af ej alltför ansenlig längd kunna samma apparater användas som för ledningar å land. I allmänhet kan man säga, att ju längre en kabel är, desto känsligare måste telegrafapparaterna vara. Å kortare kablar kan telegrafering för hand försiggå med vanlig Morse-apparat som mottagningsinstrument. Så telegraferas uteslutande på detta sätt exempelvis å linien Kalmar—Visby, hvilken till 68 km. längd utgöres af kabel.

Telegrafnätet i Tyskland består, såsom förut omnämnts, numera till stor del af kablar nedgräfda i jorden. Å dessa kablar sker telegraferingen ofta med användande af Hughes' bokstafstryckapparat, likasom å de öfriga tyska ledningarna.

Vid kabelledningar af något större längd skulle emellertid deras laddningsförmåga inverka alltför störande och tvinga till alltför långsam telegrafering, om denna skulle ske för hand. Man har därför här tillgripit samma utväg som vid telegrafering å mycket långa landledningar, nämligen användande af strömmar med

växlande riktning. En apparat af detta slag är den redan förut (sid. 429) beskrifna Wheatstones *automatiska telegraf*, hvilken erhållit en mycket vidsträckt användning å kablar af medellängd (300—600 km.). Enär denna apparat på samma gång är afsedd för snabbtelegrafering, kan man på detta sätt draga största möjliga nytta af kabeln.

Ett instrument, som för närvarande är i bruk å många viktiga kablar, är den af dansken Lauritzen uppfunna *undulatorn* (fig. 535), en mottagningsapparat för automatisk telegrafering och hvilken i synnerhet begagnas af »Det store Nordiske Telegrafselskab» i Köpenhamn å dess kabelledningar i Skandinavien och England samt i Ostasien. Det egendomliga för undulatorn är anordningen af elektromagnetsystemet. Detta utgöres af fyra särskilda elektromagneter, fastskrufvade i fyrkant å en mässingsplatta (fig. 536 och 537). Ankaret består af tvenne tunna stålblad, böjda och hopfästa i)(-form och starkt magnetiserade. Dess axel står lodrätt midt emellan elektromagneterna och uppbär å sin öfre ände ett fint skrifrör, som kommunicerar med en färgkopp. Ankarets poler äro så ställda och elektromagneternas lindningar så förenade med hvarandra, att elektromagneternas alla åtta poler sträfva att vrida ankaret åt samma håll, då ström genomgår spolarna.

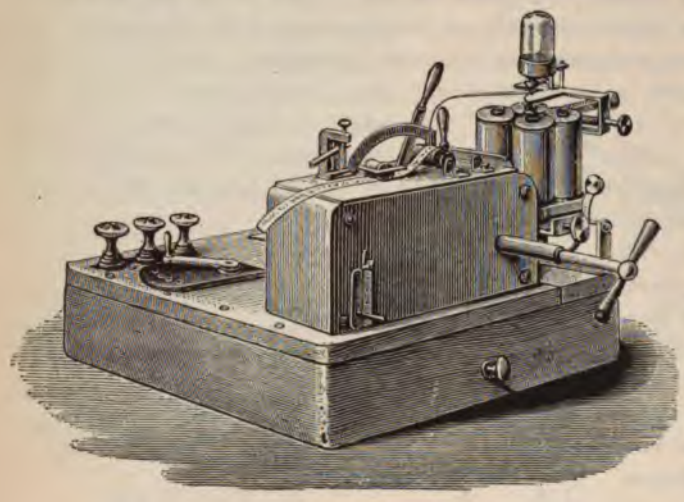


Fig. 535. Lauritzens undulator.

Fig. 536.

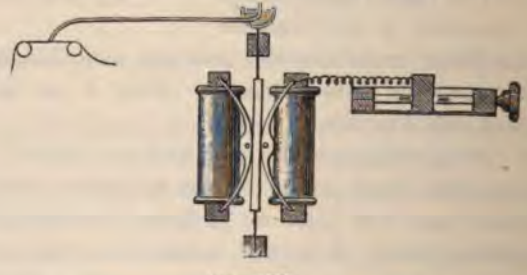


Fig. 537.

Anordning af det polariserade ankaret och elektromagneterna i Lauritzens undulator.
Plan. Sidobild.

Genom denna anordning blir apparaten mycket känslig och verkar äfven för ganska svaga strömmar. Skriften liknar sifon-rekorderns men påminner mera direkt om vanlig Morse-skrift, emedan prick och streck åtskiljas genom olika längd.

Som afsändningsinstrument begagnas i allmänhet en Wheatstones transmitter, sådan som beskrifvits å sid. 429. Undulatorn användes med fördel å kablar af ända till 1,300 km. längd.

Mekanikus O. A. Ericsson i Göteborg har äfvenledes, såsom förut omnämnts, konstruerat ett mottagningsinstrument för automatisk telegrafering. Denna apparat är äfven apterad för slangskrift, och dess elektromagnet kan i fråga om känslighet jämföras med undulatorns. Den består likväl endast af en enda rulle, i hvars inre kanal ankaret är anbragt, spelande mellan polerna å tvenne starka magneter, belägna en på hvardera sidan om rullen. Då ström genomgår elektromagneten, blir ankaret magnetiskt och slår åt ena eller andra sidan, alltefter strömmens riktning. Ericssons apparat användes bland annat å telegrafverkets centralstationer i Stockholm och Göteborg och har visat sig arbeta särdeles jämnt och bra.

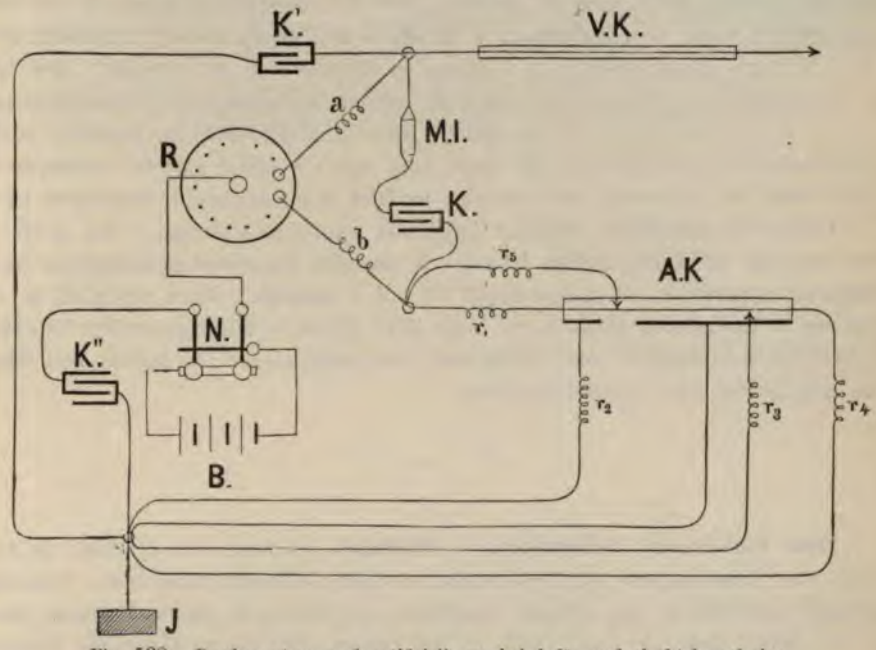


Fig. 538. Duplexsystem med artificiell grenkabel för underhafstelegrafering.

Dubbeltelegrafering å kablar. Liksom å en landledning expeditionsförmågan i väsentlig grad ökas, om två eller flera telegram på samma gång kunna utsändas, är detta gifvetvis äfven förhållandet med en underhafsledning. Till följd af den betydligt större anläggningskostnaden för kabellinier bör det vara af ännu större intresse att genomföra dubbel- eller multipeltelegrafering å dylika ledningar än å landledningar. Försök i denna riktning ha äfven blifvit gjorda, och dubbeltelegrafering utföres numera med stor framgång å flera längre kablar.

Den egentliga svårigheten vid anordnandet af dubbeltelegrafering å kablar är att kunna åstadkomma en artificiell kabel, hvilken så mycket som möjligt liknar den egentliga kabeln, äfven med afseende på *laddningstiden*. Såsom förut vid beskrifningen af duplexsystemen för landledningar (sid. 437) omnämnts, erfordras nämligen vid dylika system en grenledning, hvilken i sina elektriska egenskaper är i möjligaste mån öfverensstämmande med hufvudledningen.

De första försöken med en sådan anordning gjordes af dr Sauty, år 1872, på kabeln mellan Lissabon och Gibraltar. Ett bättre resultat uppnåddes likväl med en artificiell kabel år 1874, uppfunnen och patenterad af Muirhead.

Dennes konstgjorda kabel utgöres af smala remsor af tennfolium, förenade efter hvarandra och genom ett isolerande mellanlag (t. ex. paraffineradt papper) åtskilda från andra, likaledes sinsemellan förenade tennfolier. Det första systemet remsor motsvarar kabelns ledare och utgör en enda sammanhängande ledning, det senare motsvarar kabelns armering och vattnet och kan efter behof afdelas i större eller mindre sektioner.

Huru ett duplexsystem, anordnadt efter principen för Wheatstones brygga, kan vara inrättadt medelst användande af en artificiell kabel af förenämnda slag, framgår af fig. 538. Batteriet B står i förbindelse med dubbelströmsnyckeln N, hvarifrån ledning finnes dels till kondensatorn K'', dels till reostaten R och vidare å ena sidan till den verkliga kabeln VK och å den andra till den artificiella kabeln AK. Mottagningsinstrumentet MI jämte en kondensator K är insatt i den egentliga bryggledningen. Medelst reostaten R regleras motstånden till balansledningarna a och b så, att, när äfven den artificiella kabeln blifvit behörigen reglerad, mottagningsinstrumentet icke påverkas af ström, som sättes i rörelse medelst stationens egen nyckel, men väl af ström, som utsändes medelst den motliggande stationens nyckel.

Duplex-telegraferingen förökar kablarnas expeditionsförmåga i hög grad. Sålunda har på en kabel mellan Irland och Amerika telegraferingshastigheten kunnat härigenom uppdrifvas till sammanlagdt 45 ord i minuten. Huru värdefull en dylik tillökning af hastigheten måste vara, inses lätt, då det är telegramantalets förhållande till anläggningskostnaden som bestämmer nettobehållningen af kabeln och sålunda äfven möjligheten utaf portonedsättning.

* * *

Den elektriska telegrafen i Sverige. Sverige var ej bland de första länder, som tillgodogjorde sig uppfinningen af den elektriska telegrafen. Visserligen förevisade liniechefen vid optiska telegrafen, von Heland, vid en bjudning hemma hos sig redan den 19 dec. 1845 en af honom själf jämte dåvarande löjtnanten A. L. Fahnehjelm konstruerad telegrafapparat, hvilken sedermera undergick många förändringar. Men att denna apparat, som utfördes snart sagdt utan att konstruktörerna alls tillgodogjort sig den erfarenhet, som blifvit samlad i andra länder, ej kunde blifva af någon praktisk betydelse, är ej att undra på. Däraf förringas dock ej värdet af deras bemödanden. De sökte väcka chefens för optiska telegrafverket, general Akrells, intresse för saken, och slutligen blef 1850 en Morse-apparat på statens bekostnad införskrifven, således fem år sedan Morse själf hämtat en modell från Europa för att begagna sig af redan då gjorda förbättringar.

I allmänhet visade sig hvarken stort intresse för den nya uppfinningen ej heller någon tro på dess stora betydelse för handel och industri. Den, som slutligen med allvar tog saken om hand och i följd af sin samhällsställning kunde göra sin vilja fruktbringande, var dåvarande finansministern, baron Palmstierna. I januari 1853 tog han den införskrifna Morse-apparaten i skärskådande, och närmaste följden blef, att regeringen i en skrifvelse, daterad den 1 februari 1853, anslog medel för anläggning af en af general Akrell föreslagen telegraflinie mellan Stockholm och Uppsala. Förberedelser för arbetet vidtogos genast, och på våren restes vid Märsta gästgifvargård den första telegrafstolpen, till icke ringa förvåning för den församlade

menigheten. General Akrell, som erhöll uppdraget att vara chef för den nya telegrafen, öfverlämnade åt von Heland omsorgen om nyssnämnda linies byggande, medan Fahnehjelm och A. H. Öller ordnade stationerna i Stockholm och Uppsala. Telegraferingen började den 15 juli, och telegrafen uppläts till fritt begagnande. Från och med den 1 augusti tillämpades en låg taxa, som utgjorde 12 skilling banko för hvarje telegram.

Vid utgången af år 1895 omfattade svenska telegrafverkets telegrafnät 8,596,6 km. stolplinier och 24,436,7 km. ledningar. Antalet telegrafstationer uppgick till 166 med 533 Morse-apparater, 15 sounders, 12 Wheatstone-, 7 dubbelskrifnings- och 2 visareapparater, 1 optisk signalapparat för utväxling af meddelanden med fartyg i Göteborgs skärgård. Å stationerna expedierades under nämnda år sammanlagdt öfver 2,000,000 telegram, däraf mera än 1,000,000 till och från utrikes orter.

Härtill kommer järnvägarnas telegrafnät, omfattande 300 järnvägstelegrafstationer, som tillhöra statens järnvägar, samt 730 dylika tillhörande enskilda bolag.

IX. Telegrafiska inrättningar för särskilda ändamål.

Järnvägstelegrafi. Genomgående liniesignaler. — Distanssignaler. — Blockapparater. — Apparater för kontrollering af tåghastigheten. — Bantågstelegrafi. — Militärtelegrafi. — Brandtelegrafer. Termofoner. — Tidstelegrafering. Elektriska ur. — Kontaktanordningar å hufvuduren. — Elektriska timställare. — Elektrisk reglering af ur. — Optiska tidssignaler. — Kronografer. — Elektriska vaktkontrollapparater. — Omröstningstelegrafer.

Järnvägstelegrafi.

I vidsträckt mån har den elektriska strömmen funnit användning vid ledningen af järnvägstrafiken och för betryggande af dennas säkerhet. Detta sker först och främst genom de vanliga telegrafapparaterna, hvilka förmedla öfverförandet af i ord affattade meddelanden. Vid de svenska järnvägarna begagnas mest vanliga Morse-apparater, sedan visareapparaterna numera till stor del kommit ur bruk; i England bibehålles ännu nåltelegrafen, i Amerika användes nästan uteslutande den s. k. Morse-soundern. Denna del af järnvägstelegrafien öfverensstämmer emellertid väsentligen med vanlig korrespondenstelegrafi, hvarför den icke här kräfver någon särskild redogörelse. Däremot skola vi nu sysselsätta oss med de *elektriska signalanordningar*, hvilka brukas för järnbanedriften i ändamål att öfverföra vissa syn- eller hörbara tecken, få till antalet men så mycket viktigare till innebörden. Vidare komma vi att omnämna sådana elektriska apparater, som afse att göra vissa af den underordnade personalens åtgöranden, t. ex. vid spårväxlingen, direkt beroende af för hvar gång meddelad föreskrift från öfverordnad tjänsteman. Slutligen återstår att beskrifva de kontrollinrättningar, hvilka göra det möjligt att från en enda centralpunkt öfvervaka trafiken å en hel bansträcka.

Den elektriska strömmen är af utomordentlig betydelse för järnvägstrafiken, men det skulle blifva alltför vidlyftigt att här närmare afhandla denna fråga. Det må vara nog att erinra om det sakförhållande, att man nu reser vida säkrare på järnvägståget än i forna tider på postdiligensen och att denna säkerhet otvifvelaktigt till mycket stor del beror på den elektriska strömmens användning. Då den resande, sittande i allsköns lugn i sin kupé, ilar fram genom landet, har han allt skäl att kasta en tacksam blick på telegraftrådarna, hvilka troget följa hans väg. Strömmen, som löper fram i dem, sörjer för att banan hålles fri och att det frambrusande tåget alltid växlas in på rätt spår. Och liksom denna elektriska ström vakar öfver tågets egen trygghet, så sörjer den äfven för att ingen skadas af detsamma; den flyger tåget i förväg med maning till alla att hålla sig undan, tills tåget är förbi. Ty det är säkrare att vara en centimeter bakom ett iltåg än hundra meter framför detsamma.

Genomgående liniesignaler. Vid järnvägarna finnas, som kändt är, banvakter, hvilka hafva hvar sin liniedel att öfvervaka, med skyldighet att sörja för säkerheten å densamma, öppna och tillstänga vägöfvergångar m. m. Vid de svenska järnvägarna utföra banvakterna dessa sina åligganden vanligen endast med ledning af upprättade tidtabeller. Men när ett mycket stort antal tåg dagligen passerar samma liniesträcka, är det gifvetvis af fördel för säkerheten, att därjämte signal afsändes till alla banvakterna hvarje gång ett tåg nalkas. Härför lämpar sig särdeles väl den *elektriska ringklockan*, som också för detta ändamål mycket begagnas å järnbanor i utlandet. Vid hvarje vaktstation finnes en sådan apparat, och alla klockorna äro insatta i samma ledning mellan de närmaste stationerna, så att signal samtidigt kan gifvas å alla, från hvilketdera hållet som helst. Dessa ringklockor skilja sig så till vida från de vanliga, att strömmen icke direkt sätter kläppen i rörelse utan endast utlöser ett urverk, som meddelar kläppen erforderlig kraft att slå mot klockan, ett eller flera slag. Genom denna anordning kan man begagna svag ström i ledningen, äfven om antalet klockor är stort; man sparar alltså elektrisk kraft och undviker olägenheterna af stark ström i ledningen. Klockorna kunna göras hur ljudstarka som helst, blott urverket får tillräcklig kraft. De, som i sista hand få bestå kraften för ringningarna, äro banvakterna själfva, som ju måste draga upp urverken.

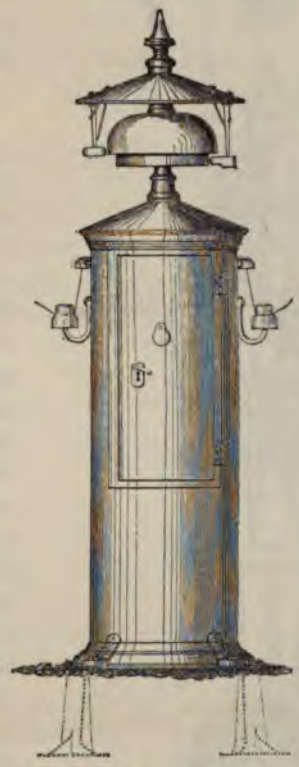


Fig. 539. Järnvägssignalklocka. Utvändigt. Fig. 540. Invändigt.

Af de många olika formerna för sådana ringapparater visas i fig. 539, 540 en af de mest brukliga, konstruerad af Siemens & Halske. På ett muradt underlag står en plåtcylinder, som innesluter mekanismen och uppbär själfva klockan. Urverket drifves af en tyngd och står medelst dragtrådar i förbindelse med klockans båda kläppar. Det utlöses genom en elektromagnet, som omkretsas af strömmen från den vid isolatorerna synliga linietråden.

Distanssignaler tjäna till att trygga en viss punkt å banan, exempelvis en station, och afgifvas därför på visst afstånd därifrån, på det att tåget må kunna i tillräckligt god tid uppfatta signalen. De härvid förekommande signalerna *stopp*, *sakta* eller *klart* motsvaras af färgerna rödt, grönt och hvitt. Signalinrättningen kallas *semafor* och utgöres antingen af en skifva, som kan vändas så, att dess röda eller gröna sida eller kant (motsvarande hvitt) visas utåt linien; eller ock af en eller

två armar, hvilkas olika ställningar angifva de särskilda signalerna. Vid mörker begagnas ljuset från en lykta, hvilket genom skjutbara glasskifvor kan göras rödt, grönt eller hvitt; glasskifvorna äro förbundna med semaforskifvan (eller armarna) på det sätt, att för samma inställning samma signal visas af bådadera. Semaforsignaleringen har hittills i allmänhet utförts för hand, af en stationskarl; men numera har man ofta elektrisk omställning af alla till en station hörande signalapparater af detta slag från en enda centralpunkt. Därifrån utlöses genom elektrisk ledning ett urverk vid semaforen, hvilket då utför själfva omställningen. Uppgiften kan för öfrigt lösas på många sätt, hvadan det finnes en hel mängd olika konstruktioner för sådana apparater.

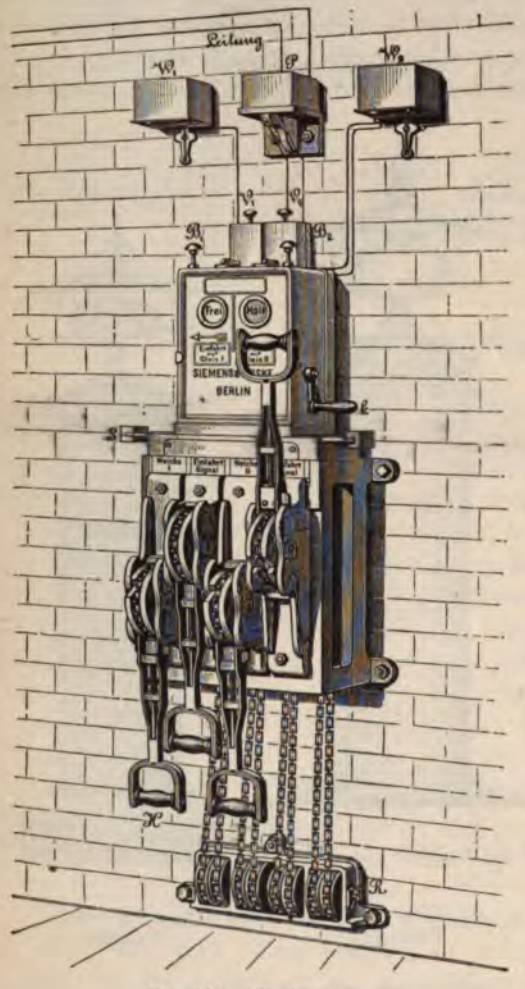


Fig. 541. Blockapparat.

Blockapparater. Järnvägsreglementena föreskrifva, att på samma spår mellan två närgränsande stationer endast *ett* tåg i sänder får befinna sig. Två tåg, som gå i samma riktning, få därför ej komma närmare hvarandra än afståndet mellan två stationer; det efterföljande tåget får således ej lämna en station, förrän telegrafunderrättelse dit ingått, att det förutgående tåget framkommit till nästa station. Vid järnvägar, där trafiken är mycket liflig, är denna föreskrift, fastän nödvändig, gifvetvis ganska hinderlig. För att tågen skola kunna följa raskare efter hvarandra, plägar man därför å sådana järnvägar utomlands mellan stationerna insätta särskilda signalinrättningar, s. k. *blockapparater*. Mellan hvarje sådan apparat och den närmast föregående och efterföljande sker signalering när tågen passera. Afståndet mellan två blockapparater kan af detta skäl gälla som stationsafstånd, och trafiken är fullt betryggad, om man blott ser till, att aldrig mera än ett tåg är inne å en dylik linieträcka eller »*block*». Vid hvarje blockstation tjänstgör en banvakt, som ombesörjer signalerna till närmaste stationer samt inställer den till apparaten hörande semaforen i enlighet med inkommande signaler.

Fig. 541 visar en sådan blockapparat, af Siemens & Halskes konstruktion, hvilken mycket användes. Strömkällan utgöres af en induktor, hvars vef synes å figuren vid k; W_1 och W_2 äro ringklockor, P en linieåskledare. På apparatens framsida finnas tvenne små glasrutor, i hvilka en hvit eller en röd skifva framträder,

allt eftersom motsvarande block är fritt eller ej. Den å fig. afbildade blockstationen är afsedd för tvåspårig bana, men för enkelhetens skull skola vi sysselsätta oss endast med det ena spåret, hvilket må motsvaras af vänstra rutan. Pilen därunder utvisar den riktning, i hvilken tågen gå på detta spår. Nederst å apparaten äro vefvar med handtag för semaforernas omställning.

Från apparaten kan utsändas vare sig likriktad eller växelström. Det förra sker, om man vid induktorns kringvridning trycker på endera af knapparna *V*. Strömmen utgår i ledningen åt ena eller andra hållet och gifver lystringssignal å en af ringklockorna å någon af de båda närmast belägna blockstationerna. Trycker man däremot på endera af knapparna *B*, så alstrar induktorn växelström, hvilken påverkar en elektromagnet, som medelst rörligt ankare och kugginrättning kommer indikatorn bakom vänstra glasrutan att vrida sig och visa annan färg. Men växelströmmen utgår äfven i ledningen till närmast bakomliggande station och omkastar äfven där färgen i motsvarande fönster. Ändamålet härmed skola vi strax omnämna.

Antagom, att vi befinna oss å blockstationen *E* och att den motsvarande linieträckan, blocket *E*, är ledig. Signalrutan å blockapparaten visar då hvit färg. Men nu ringer klockan och varskor, att ett tåg nalkas närmast föregående blockstation *D*. Vakten vid *E* tillser då, att hans semafor står på »*klart*» och gifver, då tåget visar sig, lystringssignal till nästa blockstation *F*. Så snart tåget passerat, således kommit in på blocket *E*, måste denna linieträcka *blockeras*, d. v. s. afstängas för efterföljande tåg. Detta sker genom att ställa semaforen på »*stopp*» och på nyss beskrifvet sätt vrida undan den hvita skifvan i blockapparatens signalruta, så att den röda i stället kommer fram. I samma ögonblick sker då äfven omkastning af indikatorn å stationen *D*, där sålunda hvit färg å nyo framträder, sedan röd varit synlig under den tid tåget befann sig mellan *D* och *E*. Blocket *D* är då å nyo ledigt, så att ett nytt tåg kan få gå in på detsamma.

Så snart signalrutan visar röd färg och således semaforen står på »stopp», är apparaten äfven spärrad medelst en särskild mekanism, så att icke ens banvakten kan ändra vare sig semaforens ställning eller indikatorns färg. Utlösning kan verkställas endast af den följande stationen, och detta sker icke, förrän tåget just passerat där förbi. Ett block frigöres således icke, förrän ett följande blockeras, och detta sker automatiskt, så att banvakterna icke ens *kunna* släppa fram två tåg så tätt efter hvarandra, att de komma å samma block.

Blockapparater begagnas i mycket stor skala vid utlandets järnvägar, oaktadt dessa mestadels äro dubbelspåriga; det torde vara endast en tidsfråga, när sådana apparater måste införas, åtminstone å vissa mycket trafikerade sträckor af våra enkelspåriga banor. Redan nu äro sådana apparater af i hufvudsak samma inrättning som de nyss beskrifna uppsatta å ett flertal af våra större bangårdar, för kontrollering af spårväxlingar, och hafva visat sig vara mycket betryggande för trafiken.

Apparater för kontrollering af tåghastigheten. Om man långs en järnväg vid skenorna anbringar telegrafnycklar, så inrättade att de nedtryckas, då ett tåg passerar, kan man genom sådana kontaktslutningar åstadkomma prickar å närmaste stations Morse-apparat. Om dennas pappersremsa framskjutes med likformig, känd hastighet och afståndet mellan nycklarna å linien äfvenledes är kändt, så möter det ingen svårighet att af mellanrummen mellan punkterna å remsan beräkna den

tid, då tåget passerat hvarje särskild nyckel, äfvensom huru lång tid tåget behöft på vägen mellan tvenne nycklar.

En telegrafnyckel för detta ändamål måste gifvetvis vara helt annorlunda konstruerad än den nyckel, vi förut lärt känna. Efter många försök har man stannat vid att icke direkt använda trycket af själfva tåget utan i stället skenans nedböjning genom vagnshjulen. Denna nedböjning är emellertid i sig själf ringa och måste därför på något sätt öfverföras i en större rörelse för att gifva säker kontakt. Enklast sker detta genom en olikarmad häfstång, på hvars kortare arm skenan verkar, hvaremot den längre åstadkommer kontakten. Dylika nycklar hafva utförts så väl med en enda häfstång som med flera sådana kombinerade, hvarigenom ännu säkrare verkan erhålles.

I stället för häfstänger använder Siemens & Halske hydraulisk öfverföring medelst kvicksilfver. Under skenans midt ligger en platt gjutjärnsdosa, innehållande kvicksilfver (fig. 542 och 543) och hvari en kolf skjuter ned. Då skenan nedtryckes, pressar kolfven med sin undre platta mot ett stålmembran, som i sin ordning trycker på kvicksilfret. Detta viker då undan genom ett rör till ett vid sidan af spåret befintligt mindre kärl, hvari ledningstrådens ena ände är instucken. Kvicksilfret bildar därvid kontakt med ledningen och sätter denna till jord, hvarvid strömmen slutes. Då trycket på skenan upphör, suges kvicksilfret tillbaka, så att beröringen med ledningen upphäfves; men afloppsröret är trångt, och därför hinner kvicksilfret icke afrinna så snart, hvadan kontakten fortfar under hela den tid tåget passerar. Å Morse-apparatens remsa uppstår därigenom ett enda sammanhängande streck och icke en rad punkter, såsom annars skulle blifva händelsen.

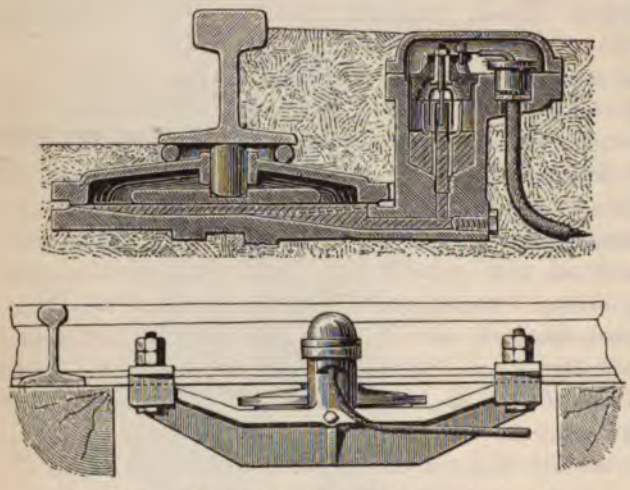


Fig. 542 o. 543. Siemens & Halskes skenkontakt.

Bantågstelegrafi. Af det föregående är bekant, att telegrafering kan ske äfven å afbruten ledning, så vida nämligen å afbrytningsstället finnes en kondensator, som förmedlar strömstötarnas öfvergång. En vacker tillämpning af sådan öfverdragning företer anordnandet af telegrafförbindelse med bantåg under gång. Den enklaste lösningen af detta problem synes vara att längs skenspåret lägga en ledning, som genom en löpkontakt, liknande den vid elektriska spårvägar, kunde sätta det framilande tåget i förbindelse med stationen. En sådan anordning vore emellertid oduglig, ty den håller ej. Man har därför hittat på en annan utväg, nämligen att genom luften öfverföra strömstötarna till en ledning, utan någon metallisk förbindelse mellan denna och banvagnen.

Den förste, som bragte detta sinnrika förfaringssätt till användning, var den framstående amerikanske telegrafingeniören Phelps. I kupéen anbragtes en stor,

fyrkantig induktionsspole, med undre långsidan möjligast nära öfver den mellan skenorna liggande, isolerade ledningstråden, och hvilken, då den genomilades af växelströmmarna, verkade likt en transformator, inducerande på ledningstråden. Denna fortplantade strömimpulserna till stationen, där de upptogos af en hörtelefon eller annan mottagningsapparat. På liknande sätt kunde man från stationen meddela sig med telegrafapparaten i vagnen.

Denna uppfinning var emellertid behäftad med vissa ofullkomligheter, hvilka afhjälpts genom de af Edison och Gillilaud vidtagna förbättringarna, hvilka afse en kondensatoranordning, liknande den som framställts i fig. 531. Ledningstråden anbringas icke mellan skenorna utan på 3—4 m. höga stolpar alldeles utmed spåret. I stället för den stora induktionsrullen användes vagnens plåttak såsom elektricitetssamlare; finnes ej sådant, sträckes en tråd högt upp längs med vagnen. Inuti vagnen finnes ett litet batteri, som genom en vanlig Morse-nyckel kan sättas i förbindelse med en mindre induktionsapparat. De hastigt växlande strömstötarna från denna senare fortplantas å ena sidan till vagnstaket (eller taktråden), å den andra genom vagnshjulen till jorden. De förra inducera i stolpledningen motsvarande elektriska impulser, hvilka ila till stationen och där kunna förnimmas i en hörtelefon, för hvarje gång lika länge som batteriströmmen i vagnen förblir sluten. Genom att där göra längre eller kortare slutningar åstadkommas i telefonen ljud af motsvarande varaktighet, således Morse-alfabetets tecken. Telegrafisten i vagnen håller med ena handen den lilla, på en plint monterade apparaten på knäet, telegraferar med den andra, och har hörtelefonen hängande vid mössan omedelbarligen intill örat. Vagnens rörelser inverka på intet sätt störande på telegraferingen.

Om ock detta telegraferingssätt tills vidare icke funnit någon synnerlig användning — måhända därför att något stort behof däraf ännu icke förefunnits —, så är det likväl ur elektroteknisk synpunkt ganska intressant, såsom innebärande en snillrik lösning af ett kinkigt problem.

Militärtelegrafi.

Redan uti föregående kapitel är omnämndt, hurusom de uräldsta signaleringsinrättningarna egentligen tillkommo i ändamål att hastigt kunna meddela underrättelser angående fiendeanfall eller andra krigshändelser. I en något senare tid hade äfven både greker och romare ett slags krigstelegrafer, och det anses icke utan skäl, att Cæsar hade sådana inrättningar att tacka för sin hastiga och noggranna kännedom om hvad som tilldrog sig i det vidsträckta riket samt för möjligheten att med säkerhet och snabbhet utföra sina krigsoperationer. Så var ju ock, som vi redan sett, i nyare tider fallet med Napoleon, och det var slutligen den Chappeska telegrafens värdefulla verksamhet i krigets tjänst, som gaf uppslaget till utvecklingen af hela den nutida telegrafien.

Krigstelegrafien har således mycket gamla anor. Det är då icke att undra på, att man äfven i våra dagar sökt att med tillgodogörande af den tekniska utvecklingens alla framsteg lämpa densamma efter den nutida krigföringens behof och förfaringssätt. Den har ock för de nutida arméerna blifvit ett synnerligen värdefullt och alldeles oumbärligt hjälpmedel.

Den nutida *militärtelegrafien* afser all den telegraftjänst, som under ett krig erfordras för hären eller krigsväsendet i öfrigt. Man brukar i detta afseende skilja på *krigstelegrafi* i egentlig bemärkelse, hvilken omfattar tjänstgöringen på de permanenta telegraflinierna, *etapptelegrafi*, som afser dessa liniers förbindelse med det s. k. »stora högkvartereret» för fältarméen; vidare *fälttelegrafi*, som förenar detta högkvarter med härens olika hufvudafdelningar — armékårer eller fördelningar — eller dessas hufvudafdelningar inbördes, hvartill slutligen kan läggas *fästningstelegrafi*, som ombesörjer den telegrafiska förbindelsen mellan de nutida fästningarnas ofta vidt spridda försvarsverk.

Gifvet är, att utförandet af all denna militära telegraftjänst kräfver åtminstone en stam af militärisk telegrafpersonal — befäl och trupp —, om ock denna vid krigstillfälle kan och måste kompletteras med civila (värnpliktiga) telegraftjänstemän. Hvad angår *materielen*, hvarom det här närmast är fråga, så är det egentligen fält-

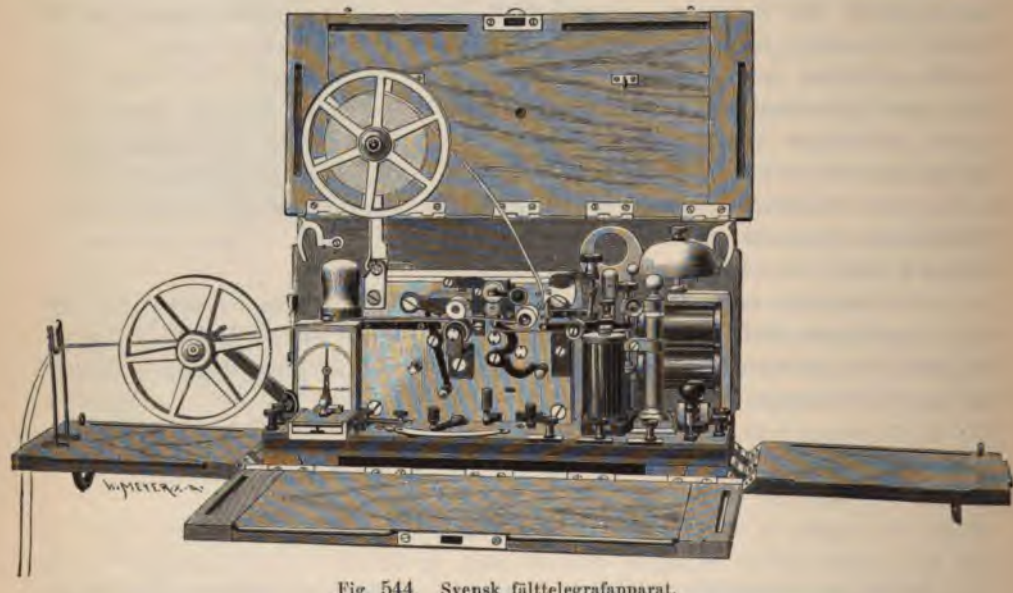


Fig. 544. Svensk fälttelegrafapparat.

telegrafen som i detta afseende har sina särskilda anspråk. Dess telegrafapparater måste vara möjligast kompendiösa, liniebyggnadsmaterielen möjligast lätt och föga skrymmande, alltsammans väl ordnadt på enkom inrättade, lätta fordon, som kunna utan hinder medfölja arméafdelningarnas hastigaste rörelser och medgifva materielens skyndsamma aflastning och användande för linie- och stationsbyggnad. Fordonen äro af olika slag (stations-, stolp-, tråd-, material- och verktygsvagnar). Till ledningarna användas dels blank järn- (eller koppar-)tråd, dels smäcker kabel, lätta, skarfvade stolpar af gran (eller bambustänger) samt små isolatorer af porslin eller kautschuk. Stationsmaterielen består af en mindre Morse-skrifapparat med batteri samt erforderliga inrednings- och expeditionsutensilier.

Den *svenska fälttelegrafmaterielen* anses vara synnerligen väl anordnad, särskildt med afseende på fordonens beskaffenhet och lastning. Hvar och en af arméens sex fälttelegrafafdelningar medför å 11 st. tvåspända fordon bland annat 30 km.

galvaniserad järntråd samt 7 km. kabel med alla tillbehör för liniebyggnad, äfvensom telegrafapparater och batterier m. m. för 7 fullständiga stationer jämte 4 telefonapparater. *Telegrafapparaten* (af L. M. Ericssons konstruktion), fig. 544, innesluter i en låda med fällbara gaflar och framsida och innehållande *alla* för ett stationsbord erforderliga instrument, såsom galvanometer, åskledare, skrifmaskin med urverk, pappershjul och elektromagneter m. m., nyckel, väckverk, strömledare och kontakter för två linie- och två öfverdragningsledningar, jord- och batteriledningar samt telefonledning. *Stationsbatteriet* består af 10 Leclanché-element, kopplade i serie och inneslutna i en trälåda. (Telefonbatteriet har endast ett sådant element; apparatens beskaffenhet omnämnes i nästa kapitel.)

Man har äfven fordrat, att en armés telegrafförbindelser skulle utsträckas ända fram till dess förpostlinier, för att desto snabbare kunna från dessa yttersta bevakningsstationer bringa underrättelser om fiendens förehafvanden. För sådant ändamål har man också icke utan framgång konstruerat särskilda *förposttelegrafapparater*. Men med de fullkomnade telefonapparater, som numera finnas att tillgå, har det befunnits fördelaktigare att för sådana ändamål använda *telefoner* (se längre fram), emedan den erforderliga ledningsmaterielen (dubbel kabel) då kan utan svårighet föras på en bärbar rulle och själfva apparaten rymmas i en ränsel.

I detta sammanhang må ock nämnas, att man i nutiden, liksom i forntiden, för krigstelegrafering använder optiska signaleringsmedel, nämligen dels flaggor af olika form och färg, hvilka genom att af signalmannen föras till höger eller vänster beteckna Morse-punkter eller -streck; dels lyktor med färgade glas och så inrättade, att Morse-tecknen återgifvas genom ljusblinkar. En optisk militärtelegrafapparat är äfven den s. k. *heliografen*, ett spegelinstrument, medelst hvilket man genom reflekteradt solljus eller starkt lampsken åstadkommer liknande ljusblinkar, synliga vid dager och på mycket långa afstånd, om luften är torr och klar. Sådana apparater ha med framgång användts af ryssarne i Centralasien, af engelsmännen i Afghanistan samt af fransmän och italienare under deras fälttåg i Afrika.

Vid svenska och danska fälttelegraferna användes för dylik ljussignalering en af danske ingeniörkaptenen Tychsen konstruerad apparat försedd med lins, och användbar för sol- eller lampljus — således äfven nattetid — samt i öfrigt så inrättad, att ljusblinkarna åstadkommas genom en ögonblicksslutare, ungefär på samma sätt som vid en fotografiapparat. Signalerna uppfångas uti en kikare å mottagningsstationen. Helt nyligen ha hos oss äfven anställts nattsignaleringsförsök med en af den förut omnämnde professorn la Cour konstruerad »spektro-telegraf», där det samlade ljuset genom ett prisma brytes till ett regnbågsspektrum, som uppfångas af en framför prismat glidande kartongremsa, hvarå telegrammet är utstansadt i punkter och streck. Dessa öppningar genomsläppa då kortare eller längre ljusblinkar, som på nyssnämnda sätt uppfångas å den andra stationen. Trots den disiga luften vid försökstillfället upprätthölls den telegrafiska förbindelsen på ett tillfredsställande sätt med förstnämnda apparat å ett afstånd af 20 km. och vidare med den sistnämnda apparaten, på resten af linien, 5 km.

Under det stora fransk-tyska kriget 1870—71 gjorde den tyska fälttelegrafen åt de opererande härarna och det stora högkvarteret de ovärderligaste tjänster. Det finnes numera knappt någon europeisk armé, som saknar fälttelegraf-trupp och -materiel.

Brandtelegrafer.

Om ett brandväsen skall kunna tillfredsställande fylla sin uppgift, är det nödvändigt, att underrättelse om en utbruten eldsvåda så skyndsamt som möjligt kan sändas till vederbörande brandstation. Den snabbaste budbärare, som kan erhållas, är ju den elektriska strömmen, och denna har också för ifrågavarande ändamål mångenstädes tagits i anspråk. Till en början använde man vanliga telegrafapparater, mest visaretelegrafer, hvilka uppställdes å polisvaktkontor eller andra offentliga ställen, hvarifrån telegram om inträffande eldsvådor sändes till en brandstation. Sedermera har man på de flesta ställen öfvergått till ett annat system, vid hvilket allmänheten själf sättes i stånd att gifva alarmsignalen direkt till brandstationen. Tydligtvis måste de härför afsedda apparaterna vara så inrättade, att deras användning är så enkel som möjligt samt att man af signalen kan bedöma, *hvarifrån* den kommer.

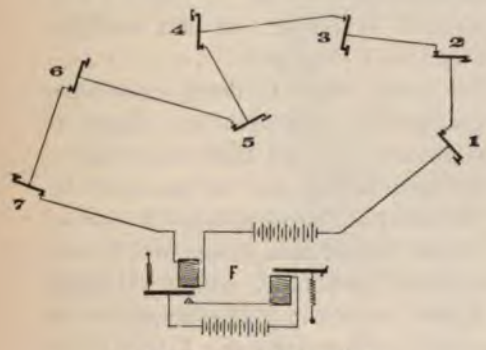


Fig. 545. Brandtelegrafnät.

Fig. 546. Automatisk signalskifva för brandskåp.

Dylika telegrafapparater, eller s. k. *brandskåp*, uppsättas på flera platser, alltefter ortens behof och storlek. Antag att man har 7 skåp (fig. 545) i en enda ledning till brandstationen *F*. Uti hvarje skåp finnes en telegrafnyckel, inlänkad i ledningen på sådant sätt, att strömmen från stationsbatteriet hålles sluten så länge nycklarna äro i hviloläge; å stationen finnes äfven ett relä. Så snart en nyckel nedtryckes, afbrytes strömmen och reläet släpper sitt ankare, hvarvid ett telegraftecken, på sätt af figuren tydligt framgår, erhålles å den med reläet förenade skrifmaskinen. Detta tecken är just den afsedda signalen; om denna göres olika vid hvarje brandskåp, enligt förut bestämda regler, så gifver den äfven underrättelse om det håll, åt hvilket eldsvådan är att finna.

Men då man ej kan vänta, att hvem som helst skall kunna tydligt och säkert gifva en bestämd telegrafsignal, måste man ställa så till, att apparaten själf efter en enkel igångsättning ombesörjer signalens afgifvande. Fig. 546 visar en inrättning för automatisk signalering, sådan den mycket ofta begagnas å brandtelegrafer. Ett litet mässingshjul med några utskärningar i kanten kringvrides af ett urverk och släpar därvid mot en kontaktfjäder. Strömmen förblir sluten, så länge hjulet berör fjädern, men afbrytes, då utskärningarna passera. Om nu denna kontaktinrättning i stället för en nyckel insättes uti den i fig. 545 framställda brandtelegrafledningen, så kan den för hvarje omvridning till stationen intelegrafera ett bestämdt Morse-tecken, i detta

fall ett *b*. Anbringas i de öfriga brandskåpen liknande hjul men med utskärningar för andra Morse-tecken, så har man ett enkelt sätt att särskilja signaler från olika skåp.

Enligt nu angifna grunder är den af Siemens & Halske konstruerade brandtelegrafen inrättad (fig. 547). Uti skåpets öfre del befinner sig ett urverk, som drifves af ett lod och som efter skedd utlösning kringvrider det å brandskåpets framsida synliga kontakthjulet. Utlösningen äger rum, då man drar i handtaget till höger å apparaten. Kontakthjulet kringvrides därvid 10 à 12 gånger, så att ett lika stort antal signaler afsändes utåt linien, hvarefter ett spärr bringar verket att stanna. Medelst en uti skåpet befintlig telegrafnyckel kan man äfven vid behof sända telegrafiska meddelanden till brandstationen. Apparaten hålles i vanliga fall stängd medelst en glasdörr. När eldsvåda inträffar, sönderslås glaset, hvarigenom handtaget blir åtkomligt och signal kan gifvas. Den person, som gifvit signalen, bör stå kvar vid apparaten, tills brandkåren anländer.

Fig. 547. Siemens & Halskes brandtelegraf.

Som mottagningsinstrument för signalerna begagnas å brandstationen en vanlig Morse-telegrafapparat, försedd med självutlösning för pappersremsan. Så snart en signal kommer, upptages den af skrifapparaten, hvars remsa sättes i gång af första strömstöten. Samtidigt börjar en med apparaten förenad larmklocka att ringa.

Brandtelegrafledningar anordnas i allmänhet *periferiskt* (se fig. 545), d. v. s. så, att ledningen utgår från stationen samt återgår till denna, sedan den genomgått ett större eller mindre antal brandskåp. Sådana ledningar hafva den fördel framför *radiala*, hvilka endast hafva sin ena ändpunkt intagen å stationen, att de äro tillförlitligare samt lättare att profva och undersöka. Signaleringen kan ske antingen på *sluten* kedja, då strömmen i ledningen i normala fall är sluten men afbrytes för hvarje signal (se fig. 546), eller också på *öppen* kedja, hvarvid strömmen slutes därigenom att ledningen i något brandskåp sättes i förbindelse med jorden, hvilket uti Siemens & Halskes apparat sker vid kontakthjulets kringvridande. Detta senare sätt för signalernas afgifvande torde vara det allmännaste, åtminstone här i Sverige.

Där ett periferiskt brandtelegrafsystem arbetar på öppen kedja, och sålunda strömmen i vanliga fall har *två* vägar till brandcentralen, kan ett uppkommet afbrott å tråden endast i det fall, att afledning samtidigt uppträder, utestänga ett brandskåp från stationen. Detta ökar gifvetvis tryggheten i hög grad.

Den första brandtelegrafen uppsattes i Berlin af Siemens & Halske år 1851. I Sverige kom den första brandtelegrafanläggningen till stånd först år 1873 i Göteborg samt 1875—76 i Stockholm. Båda dessa anläggningar äro utförda enligt Siemens & Halskes nyss beskrifna system. Den största brandtelegrafanläggningen i Sverige är Stockholms, som vid slutet af 1895 innefattade 106 km. yttre ledningar samt 147 brandskåp.

Ett brandtelegrafsystem, som flerstädes i Sverige kommit till användning, såsom i Karlskrona, Hernösand, Uppsala, Gäfle m. fl. städer, äfvensom ganska mycket i utlandet, är år 1885 patenteradt af L. M. Ericsson i Stockholm. Systemet i fråga är afsedt för mindre samhällen, där poliskåren eller en mindre brandpersonal har att emottaga brandtelegrafens meddelanden om utbrutna eldsvådor. För ett sådant telegrafsystem delas staden i t. ex. 4 à 5 distrikt, hvarje med en enda ledning och 8 till 10 brandskåp. Båda ändarna af ledningen indragas å stationen, hvadan alltså ledningarna anordnas periferiskt. Signalmekanismen består i hufvudsak af ett urverk, som efter utlösning kringvrider ett tandhjul. Detta sluter därvid, en gång för hvarje tand, en kontaktinrättning, så att ledningen upprepade gånger sättes till jord. Sedan hjulet kringvridits ett visst antal tänder, olika för hvarje brandskåp inom ett visst distrikt, spärras urverket. Därigenom kommer brandsignalen att bestå af upprepade lika långa strömstötar, hvilkas *antal* angifver, hvarifrån signalen kommer.

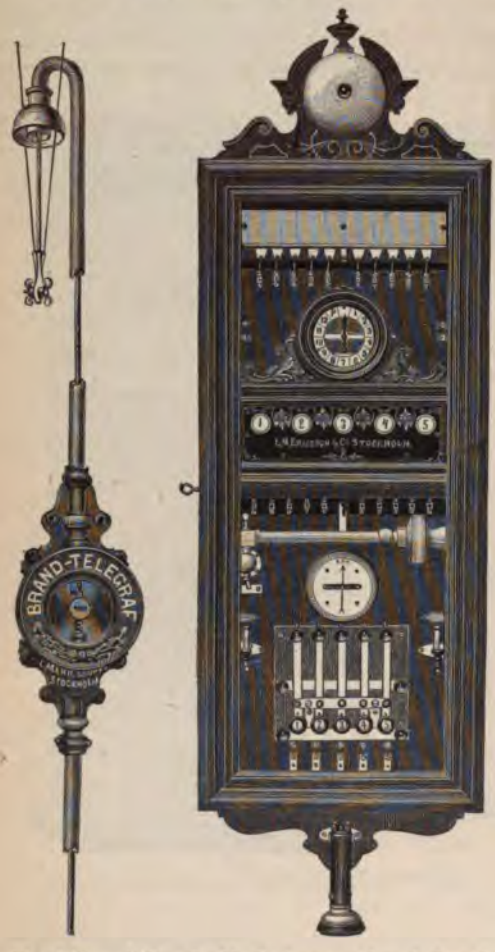


Fig. 548 o. 549. L. M. Ericssons brandtelegraf. Brandskåpet. Mottagningsapparaten.

Fig. 548 framställer ett Ericssons brandskåp för 5 distrikt, hvari ledningstråden ingår upptill och jordledningen utgår nedtill. Urverkets utlösning sker, då man trycker på en knapp, som blir åtkomlig sedan dörrglaset sönderslagits. I brandskåpet finnas äfven två kontakter för insättande af en hörtelefon.

Den till Ericssons brandtelegraf hörande mottagningsapparaten är afbildad i fig. 549 och innehåller dels några nummerklaffar, af hvilka en motsvarar hvarje distrikt, dels ett visarverk, som, då brandsignal gifves, utvisar antalet strömstötar. Visarverket är gemensamt för alla ledningarna och så inrättadt, att hvarje inkommande strömstöt framflyttar visaren ett steg. Sådana visarapparater begagnas bland annat vid elektriska ur, hvarom mera längre fram. Nummerklaffarna likna alldeles

dem, som begagnas vid telefonväxlar. När en klaff faller, slutes samtidigt strömmen genom en lokal ledning med batteri och larmklocka, hvilken då börjar ringa. Samma klaffs nummer utvisar, från hvilket distrikt signalen kommer; den siffra, på hvilken visaren stannar, angifver brandskåpets nummer i distriktet.

Stationsapparaten är äfven försedd med hörtelefon och mikrofon samt med tangenter och galvanoskop afsedda för undersökningar.

L. M. Ericsson har för sin brandtelegraf äfven konstruerat ett särskildt alarmverk (fig. 550), afsedt att anbringas i kyrktorn. Ett särdeles kraftigt urverk, drifvet af tunga vikter, utlöses elektriskt af ström från brandstationen, hvarvid ett starkt klämtslag ljuder å klockan. Strömmen utsändes medelst en vanlig telegrafnyckel å brandstationen och förmedlas af en särskild ledning. Hvarje tryckning å nyckeln orsakar ett klämtslag, och omkring 80 slag kunna på detta sätt erhållas för en enda uppdragning af verket.

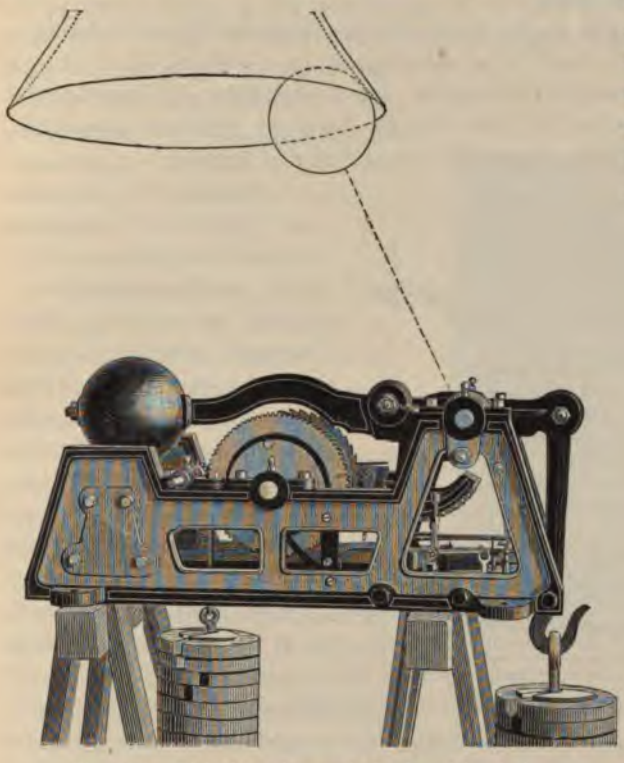


Fig. 550. Elektriskt alarmverk för brandsignalering.

Fig. 551. Termofon.

Termofoner. I detta sammanhang torde vara lämpligt att äfven nämna några ord om sådana apparater, som automatiskt angifva en af någon orsak uppkommen temperaturhöjning (eller sänkning). Sådana apparater användas ofta för brandsignalering, äfvenså där det t. ex. vid en fabrikation gäller att signalera, om en viss maximi- eller minimitemperatur öfverskrides i ett rum. De benämnas *termofoner*.

Det enklaste instrumentet af detta slag utgöres af en termometer, i hvars kvicksilfverkula en platinatråd är insmält (fig. 551). En andra sådan tråd är insmält i röret och når ned till den kritiska temperaturgraden. Termometern inkopplas i en vanlig ringledning, hvilken gör alarm, så snart kvicksilfret genom värmen drifvits upp till den öfre platinatråden.

Skall samma termometer begagnas för att alarmera, när en viss värmegrad *underskrides*, behöfver man blott inrätta klockan så, att den ringer, då strömmen afbrytes. Så länge kvicksilfret är tillräckligt högt uppe, förblifver strömmen sluten och klockan alltså tyst.

En sådan apparat lämpar sig emellertid icke för att signalera eldsvåda. Ställer man nämligen den kritiska värmegraden för högt, kan befaras att brandsignalen kommer för sent, först sedan eldsvådan redan hunnit gripa omkring sig. Ställer man åter alarmgraden för lågt, riskerar man att signal afgifves vid tillfälliga temperaturhöjningar, utan att någon fara förefinnes. Äfven om man valt den mest lämpliga temperaturgrad, så hinner kvicksilfvertermometern i allmänhet icke verka nog *hastigt* för att i tid tillkännagifva eldsvådan.

Man har därför konstruerat andra, mera känsliga apparater för sådant ändamål. En sådan visas i fig. 552. Ett halfklot af mässingsplåt är upptill slutet af ett tunt, korrugeradt membran. Då temperaturen stegras, uppvärmes luften i halfklotet mycket hastigt och trycker membranet mot ett tätt ofvanför detsamma befintligt kontaktstift. Därvid slutes strömmen genom en ringklocka, och alarmsignal ljuder.

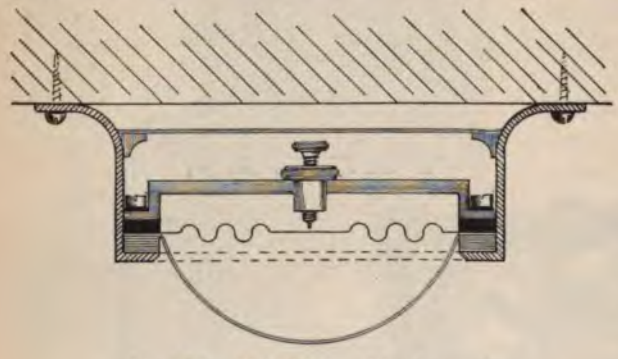


Fig. 552. Elektrisk brandsignalapparat.

Svensken W. Jungner har uppfunnit en brandsignalapparat af egendomlig anordning, hvilken patenterats i Sverige och utlandet. Alarmeringen sker här på termoelektrisk väg. I hvarje rum, som är afsedt att skyddas genom en sådan inrättning, fästes långs hela eller en del af taklisten en termoelektrisk kedja, bestående af en följd sammanlödda koppar- och järntrådar, hvarannan af hvartdera slaget. Afståndet mellan hvarje lödpunkt är endast några få centimeter. Hvarannan skarf är alldeles blottad, men de öfriga skarfvarna täckas med ett värmeisolerande ämne. Alla termokedjorna, som höra till samma brandsignalapparat, förenas medelst vanliga ledningstrådar till en enda kedja, hvars båda ändar sluta i ett relä i signalskåpet. Denna apparat benämnes *pyrofon*.

Om eld utbryter i ett rum, där dylik skyddsinrättning finnes, så uppstiga varma luftströmmar till taket och träffa således snart den där befintliga termotråden. De blottade lödskarfvarna uppvärmas hastigt, och i hvarje sådan skarf alstras af värmen en visserligen ytterst svag elektrisk ström; men dessa svaga strömvågor gå alla i *samma* riktning. Följden blir därför en relativt stark ström, som genomgår ledningen och signalskåpets relä. Detta är mycket känsligt och påverkas af strömmen, så att det sluter en lokal strömkedja med batteri och ringklocka. Denna senare ger då alarmsignal.

I detta system kan man hafva ända till 500 meter termotråd inne å en och samma ledning med ett signalskåp. Ett enda sådant skåp kan alltså vara tillräckligt för ett ganska stort område, hvadan apparaten lämpar sig som skyddsinrättning för fabriker, ladugårdar, muséer, banker o. d. Märkas bör, att denna apparat endast signalerar för hastiga temperatur*växlingar*, icke för en större eller mindre temperatur-

grad. Signal kan således afgifvas äfven vid mycket låg begynnelsetemperatur i ett rum, likaså kan ett rum långsamt uppvärmas huru mycket som helst, utan att därför apparaten gifver alarm.

Tidstelegrafering.

Tidstelegraferingen kan hafva tre olika uppgifter. Antingen vill man på afstånd elektriskt angifva tiden på samma sätt som med ett vanligt ur, och detta är *tidstelegrafi* i trängre bemärkelse; eller ock skall en viss bestämd tidpunkt tillkännagifvas (*tidssignal*), så att korrigering af ur härefter kan verkställas. Slutligen kan man också ställa så till, att ett ur med vissa mellanrum erhåller telegrafiska impulser, genom hvilka möjligen uppkomna små felaktigheter i urets gång rättas. Vi skola här i korthet beskrifva de viktigaste af de inrättningar, som konstruerats för dessa ändamål.

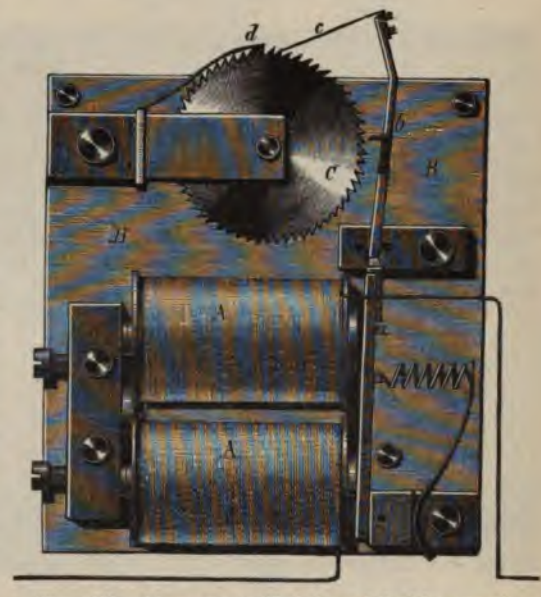


Fig. 553. Siemens & Halskes elektriska urverk.

Elektriska ur. Om tiden fortgående skall på elektrisk väg öfverföras från ett ställe till ett annat, så kan detta på elektroteknikens nuvarande ståndpunkt endast ske på det sätt, att en visare flyttas sekund för sekund, minut för minut, eller med andra sinsemellan lika tidsintervaller. Hvarje sådan framflyttning åstadkommes genom en strömstöt. Å afsändningsstället har man förutom batteri ett ur med fullt noggrann gång, hvilket automatiskt utsänder strömstötarna. Tydligtvis kan ett enda sådant ur drifva ett stort antal elektriska tidvisare. Häruti ligger just fördelen af att begagna elektriska ur, enär blott ett enda urverk behöfver noga inställas och justeras, för att tiden skall kunna visas med full noggrannhet på en mängd ställen.

Konstruktionen af de elektriska uren är i mångt och mycket lik visartelegrafernas. Där framflyttades, som vi minnas, visaren bokstaf för bokstaf af de på hvarandra följande strömstötarna. Tänka vi oss bokstäfverna ersatta med 60 st. minutdelningsstreck kring taflan samt visaren medelst vanlig kuggutväxling förenad med en timvisare, så hafva vi därmed en användbar princip för ett elektriskt ur.

Vid visartelegraferna öfverföras elektromagnetankarets rörelser till ett steghjul, som därigenom framryckes en tand för hvarje slag af ankaret. Samma anordning återfinnes uti de äldsta elektriska uren, af hvilka Siemens & Halskes, fig. 553, utgör ett enkelt exempel. Elektromagnetens ankare uppbär en lamellfjäder, som med sin fria ände griper in mellan tänderna i ett steghjul. Då ankaret attraheras, fram-

skjutes hjulet en tand; sedan strömmen upphört, återföres det af en spiralfjäder i sitt hviloläge. Steghjulets jämna rörelse regleras dels genom ett längre ned på ankaret befintligt spärrstift, dels genom en ofvanför hjulet liggande fjäder med hake.

En mera fulländad anordning har det å fig. 554 afbildade elektriska visarverket, konstrueradt af Th. Tiede i Berlin och hvilket begagnas å Berlins observatorium för tidsöfverföring från ett astronomiskt hufvudur. Mekanismen för steghjulets kringvridande är här alldeles identisk med motsvarande mekanism i Siemens & Halskes visartelegrafapparat. Denna senare kan också mycket väl apteras för nu ifrågavarande ändamål, förutsatt att växelströmmar användas. I stället för polariserad elektromagnet med växelström begagnar Tiede emellertid en »växelmagnet», d. v. s. två vanliga elektromagneter, en på hvarje sida af ankaret, till hvilka strömmen omväxlande ledes, så att ankaret därigenom erhåller sin fram- och tillbakagående rörelse. Härför erfordras gifvetvis tvenne särskilda strömkretsar, och dessa hafva tvenne hufvudledningar men gemensam återledning. Vid ledningar af större längd ställer sig detta sätt för ledningarnas anordnande jämförelsevis dyrt, men då endast korta ledningar förekomma, är Tiedes elektriska ur mycket lämpligt, synnerligen emedan detsamma har fördelen af enklare kontaktgifning, en sak hvartill vi här nedan skola återkomma.

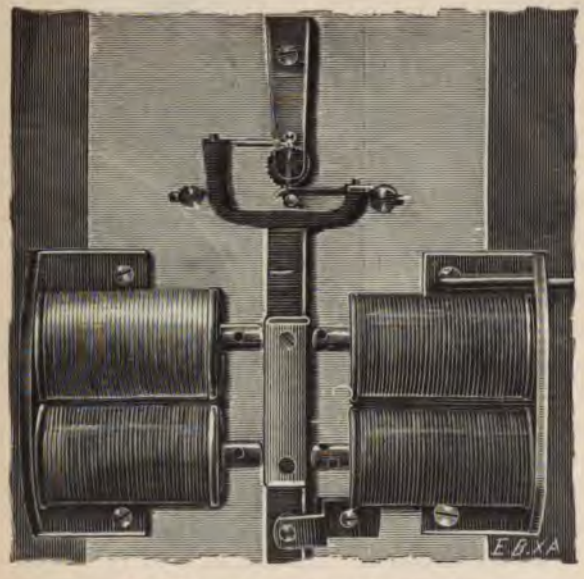


Fig. 554. Tiedes elektriska urverk.

Vid elektriska ur för likriktad ström kan det hända, att genom ofullkomligheter vid kontaktgifningen en strömstöt blir sönderdelad i två, hvarigenom visaren framflyttas två steg i stället för ett. Denna olägenhet kan icke uppkomma uti Tiedes ur. Äfven om den ena elektromagneten två eller flera gånger efter hvarandra attraherar ankaret, så åstadkommes härigenom tydligtvis blott *en* rörelse af ankaret, hvilket ju redan vid första strömstöten drages öfver till magneten.

Där långa luftledningar förekomma, finnes vidare den möjligheten, att atmosfäriska urladdningar orsaka ankarrörelser och dymedelst störa urets gång. Äfven denna fara har Tiede förebyggt. Ty antingen kan den elektriska urladdningen icke alls röra ankaret, om det nämligen redan förut befinner sig intill den af urladdningen berörda elektromagneten; eller också kastas ankaret öfver till andra sidan, i hvilket fall denna rörelse endast kommer något för tidigt, hvilket utjämnas därigenom, att nästa strömstöt redan finner sitt arbete utfördt och därför ingenting uträttar.

Samma fördelar kunna ernås med användande af endast *två* ledningstrådar, om den likriktade strömmen utbytes mot växelström. Detta insåg äfven Steinheil, hvilken redan 1839 kom på idéen om elektrisk tidstelegrafering. Den förste, som praktiskt använde växelström för drifvandet af ur, var dock E. Stöhrer.

Ett växelströmur, som vunnit mycken användning, är konstrueradt af Hipp (fig. 555, 556). En hästskoformad elektromagnet är fäst vid ena armen af en böjd, kraftig stålmagnet *M*. Elektromagnetens båda fria poländar blifva således liknämniga med den stålmagnetpol, hvarvid elektromagneten är upphängd. Om nu en strömstöt genomgår den senare magnetens trådlindningar, förstärkes magnetismen i den ena men försvagas lika mycket i den andra af dess poler. Omvändes strömriktningen, så blir äfven förhållandet mellan polstyrkorna omvändt. En liknande anordning förekommer för öfrigt vid de elektriska växelströmklockorna.

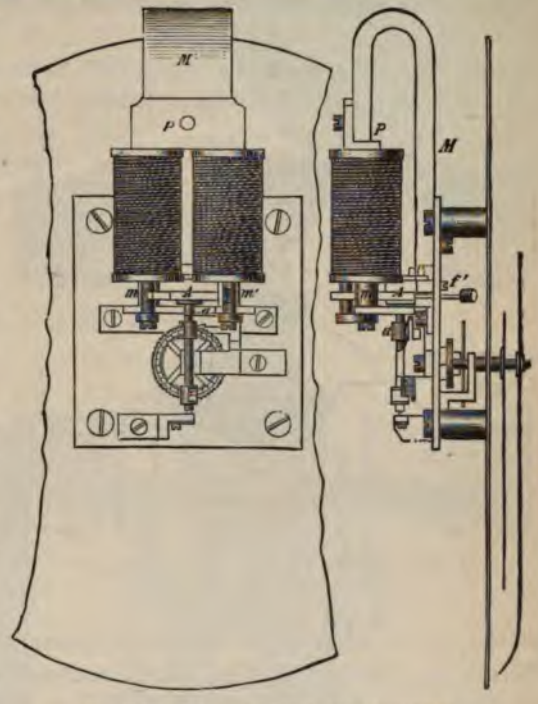


Fig. 555. Hipps urverk för växelström.

Stålmagnetens andra längre skänkel har sin pol midt emot det horisontalt vridbara ankaret *A*, hvars form visas af fig. 556. Detta ankare är af mjukt järn och blir genom inverkan från stålmagneten polariseradt, så att dess bortre ände erhåller liknämnig pol med denna, d. v. s. motsatt mot elektromagnetens fria poländar. Då ingen ström genomgår elektromagneten, attrahera dennas poler *m* och m_1 ankaret *A* med samma styrka; då däremot ström förefinnes i lindningen, blir den ena polens attraktion öfvervägande, så att ankarets arm närmar sig denna pol. Vid nästa strömväxling slår ankaret öfver till motsatta sidan, hvadan alltså en växelström framkallar en fram- och återgående rörelse af ankaret. Ankarets sidoutsprång hafva tillkommit, på det att den attraherande polen därå må utöfva en möjligast lika stark verkan under hela dess rörelse. Genom en med ankaret förenad spindel framskjutes steghjulet en tand vid hvarje svängning, och därigenom omsättas strömväxlingarna till förflyttningar af visarna.

Fig. 556.
Ankaret i Hipps urverk.

Vid de hittills beskrifna konstruktionerna af de elektriska uren öfverföres rörelsen genom ett fram- och tillbakagående ankare. Men man har nu lyckats konstruera ankaren med rotationsrörelse, hvilken alltså kan medelst kugghjul öfverföras till minutvisarens axel. Principen för dessa intressanta ur åskådliggöres genom den af Arzberger uppfunna konstruktion (fig. 557, 558).

Mellan de båda eggformade polstyckena af en hästskomagnet befinner sig ett egendomligt formadt ankare, med diametralt motsatta spetsar. Ankaret är ihåligt och ungefär till hälften fylldt med kvicksilfver samt så upphängdt, att det kan rotera kring en central axel. Då elektromagneten är strömlös, sträfvar kvicksilfret att med sin tyngdpunkt komma så lågt som möjligt, hvadan ankaret ställer sig så, som den

öfversta bilden angifver. Då strömmen påsläppes, verka polstyckena starkast på hvar sin af ankarets spetsar, och detta vrider sig då medsols, så att det kommer i det af nedersta bilden visade läget. Äfven sedan strömmen upphört, fortsätter ankaret af farten att vrida sig ännu något litet, hvilket åter har till följd, att kvicksilfret rinner öfver i den andra spetsen och därmed tvingar ankaret att fortsätta, tills de båda spetsarna å nyo stå vertikalt. Nästa strömstöt orsakar å nyo ett halft hvarfs vridning, och sålunda fortfar rotationen, så länge sådan afbruten ström genomgår elektromagneten.

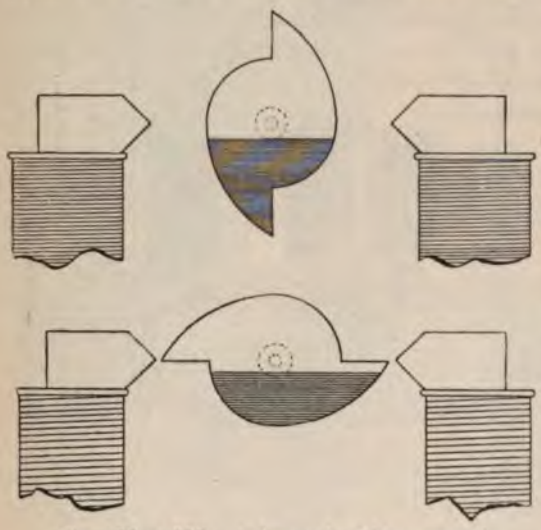


Fig. 557 o. 558. Ankare och elektromagnet i Arzbergers urverk.

Arzberger ersatte visserligen kvicksilfret med en mekanisk anordning och använde ankaren med flera armar. Principen för arbetssättet förblef likväl densamma, nämligen att ankarets form betingar en viss rörelseriktning samt att elektromagneten meddelar det en viss lefvande kraft, hvilken efter strömmens upphörande kommer ankaret att röra sig vidare, till dess en ny strömstöt ger det ny fart.

Vid användande af växelströmmar kan ankaret göras enklare; det behöfver då ej under en del af hvarfvet uppsamla energi för att kunna fortsätta under en följande del. Själfva polväxlingen är tillräcklig att hålla det i gång. Man begagnar härvid ett polariseradt ankare, äfven i detta fall så formadt, att det får en bestämd rörelseriktning. Ett enkelt exempel å en dylik anordning visa fig. 559, 560. Ankaret utgöres af en S-formigt böjd stålmagnet med diametralt motsatta poler. Antag, att

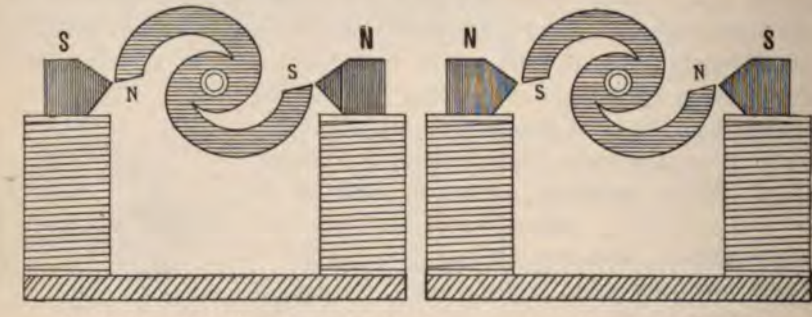


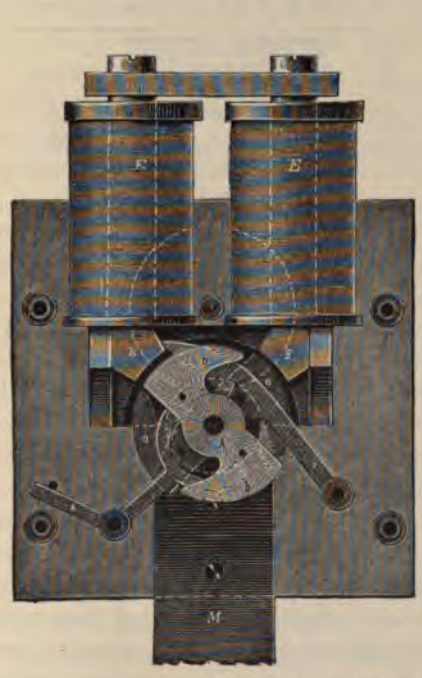
Fig. 559 o. 560. Modifikation af Arzbergers ankare för växelströmurverk.

det till en början intager det i fig. 559 afbildade läget; bokstäfverna S och N må utmärka syd- och nordpol. Om nu strömmen omkastas i elektromagneten, så att nordpolen flyttas till vänster och sydpolen till höger, komma liknämniga poler å ankaret och elektromagneten intill hvarandra. På grund af repulsionen måste ankaret då vrida sig medsols och, såsom lätt inses, ända till dess polerna bytt plats (fig. 560). Strömmens riktning i elektromagneten har under detta halfva hvarf för-

blifvit oförändrad men omkastas nu igen. Följden blir, att ankaret å nyo måste vrida sig 180 grader. De strömstötar med växlande riktning, som sändas genom elektromagneten, försätta sålunda ankaret i en fortgående rotation. Komma strömväxlingarna med regelbundna intervaller, kan inrättningen begagnas som tidvisare, i det att t. ex. hvarje halft ankarhvarf verkar en förflyttning af en minut å visartaflan.

Enligt dessa grunder har Thomas konstruerat ett elektriskt ur, där visaren sättes i rörelse genom en å ankarets axel anbragt ändlös skruf, som griper in i ett kugghjul å visaraxeln.

En liknande princip för växelströmur återfinna vi uti det af Grau och Wagner konstruerade uret, som afbildas i fig. 561 och 562. I stället för ett magnetiseradt



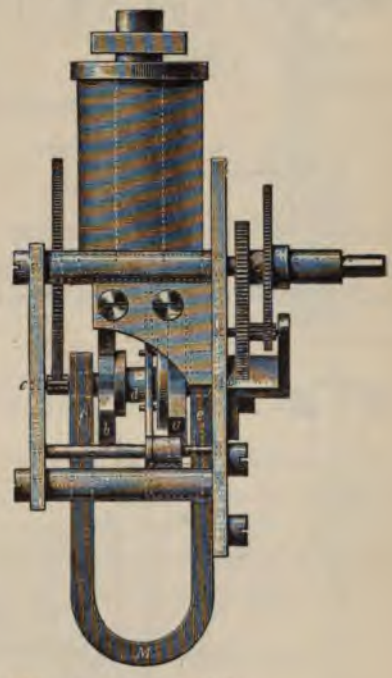


Fig. 561. Grau & Wagners växelströmurverk. Fig. 562.

stålankare har detta ur tvenne ankaren *aa* och *bb* af mjukt järn, hvilka utgöra rörliga polstycken till en fast, kraftig stålmagnet *M*, och båda kunna rotera kring samma axel *c*. Ankarena äro fästa å axeln, vinkelrätt mot hvarandra, samt åtskilda af ett mässingsstycke *d*. Mekanismen arbetar precis på samma sätt som den nyss beskrifna med endast ett ankare. För hvarje strömstöt vrider sig ankaraxeln ett fjärdedels hvarf.

Vid användande af växelström kan man emellertid äfven begagna ett opolariseradt ankare. Man ställer då så till, att det magnetiska fältet vrider sig, hvarvid ankaret följer fältets rörelse. I fig. 563, 564 äro *N*, *N*, *S*, *S* fyra magnetpoler, ställda i hörnen af en kvadrat och af hvilka den öfre och den undre tillhöra en elektromagnet men de andra båda en stålmagnet. Mellan polerna röra sig två kvadranter af en järnring, sinsemellan förenade medelst en arm, vridbar kring sin midtpunkt. Hvarje kvadrant är något förlängd i rörelsens riktning.

Under inflytande af en ström med viss riktning i elektromagneten ställa sig polerna så, som fig. 563 angifver. Ankaret må då hafva det läge, att hvardera elektromagnetpolen genom en järnkvadrant är förenad med den permanenta magnetens mot-

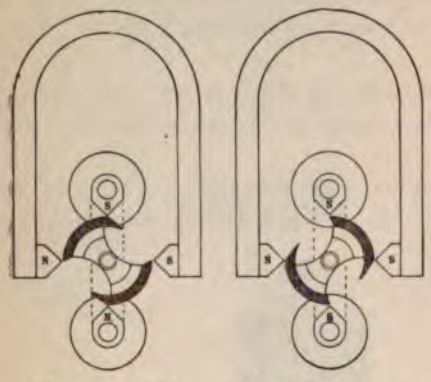


Fig. 563 o. 564. Växelströmurverk med opolariseradt ankare.

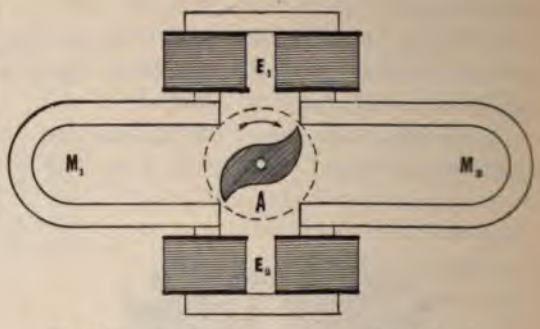


Fig. 565. Kombinering af fasta och växlande poler i växelströmurverk.

satta pol. Omkastas strömriktningen, så att polerna antaga det i fig. 564 visade läget, så blifva de sålunda förenade polerna liknämniga, hvadan kvadranterna stötas undan, medan de samtidigt attraheras till de andra polerna. Följden blir, att ankaret vrider sig 90 grader åt det håll, mot hvilket kvadrantförlängningarna peka, ty krafterna verka starkast i denna riktning. För hvarje ny strömomkastning vrider sig ankaret ytterligare 90 grader och fortsätter sålunda att rotera.

Ett annat sätt för kombinering af permanenta och växlande magnetiska poler framställes i fig. 565. Magneterna hafva här gemensamma poler, hvilkas kraft ömsevis försvagas eller förstärkes alltefter strömväxlingarna i elektromagneterna. De per-

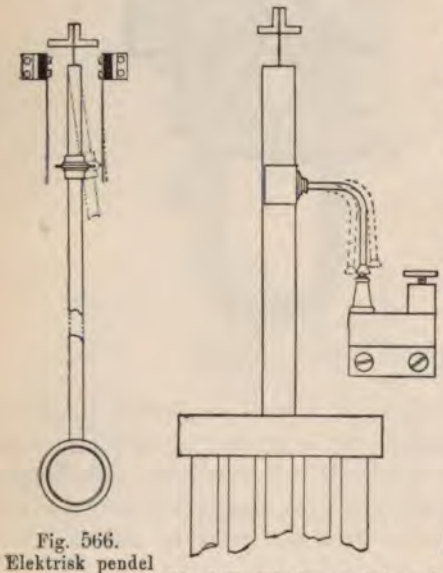


Fig. 566. Elektrisk pendel med fjädrar.

Fig. 567. Tiedes pendelanordning.

Fig. 568. Släptrissa å sekundvisaraxeln.

manenta magneternas poler äro så ställda, att den ena elektromagneten berör deras nordpoler, den andra deras sydpoler.

Kontaktanordningar å hufvuduren. Det återstår nu att beskrifva de inrättningar, genom hvilka de elektriska uren erhålla de strömstötar, som hålla dem i gång. Skola strömstötarna följa så tätt på hvarandra som hvar eller hvarannan

sekund, såsom fallet är å de astronomiska apparaterna, appliceras kontaktinrättningen lämpligast till primärurets sekundpendel. Enklast vore då, att pendeln vid sina svängningar finge träffa en eller två fjädrar (fig. 566) och därvid åstadkomma kontakterna, genom hvilka strömmen leddes. Men huru ringa kraftförbrukningen än är vid kontaktgifningen, så är den likväl tillräcklig att störa urets gång. Man har därför tagit sin tillflykt till andra anordningar, hvilka hafva ett mindre skadligt inflytande. Tiede fastsätter vid pendeln ett litet tunt platinableck (fig. 567), hvilket vid pendelns svängningar skär en kvicksilfverdroppe, som skjuter fram ur spetsen af ett rör; härigenom alstras strömslutningen. Röret med kvicksilfret är fäst å urets vägg samt försedt med en skruf, medelst hvilken droppens storlek kan afpassas.

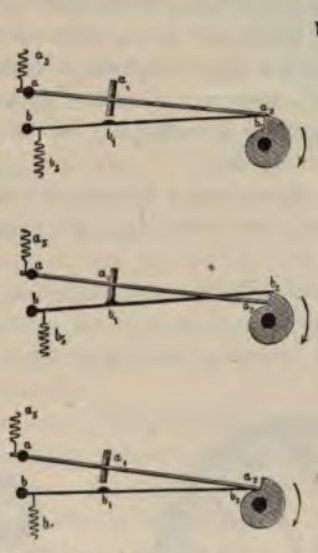


Fig. 569—571. Arzbergers kontaktanordning.

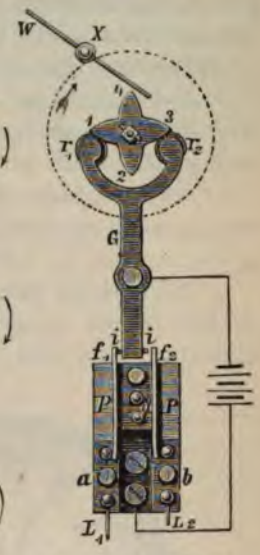


Fig. 572. Wagners kontaktanordning.

Skall tiden från normaluret aftelegraferas minut för minut, kan man begagna enkla släpkontakter. Å sekundvisarens axel kan man t. ex. anbringa en släptrissa med kontaktstift (fig. 568), hvilket en gång vid hvarje helt omlopp, alltså med 60 sekunders mellanrum, berör en kontaktfjäder och sluter strömmen. Vid sådan konstruktion har emellertid sekundvisaraxeln vid hvarje strömslutning att utföra ett extra arbete men går dessemellan utan sådan belastning; urets gång måste lida mer eller mindre häraf. För att afhjälpa denna bristfällighet fördelade Arzberger, hvilkens elektriska ur förut omnämnts, det för kontaktgifningen nödiga arbetet på axelns hela omlopp, så att hvarje pendelsvängning fick sin del af detsamma. För detta ändamål gjordes släpskifvan snäckformad (fig. 569—571) och på skifvan släpade tvenne fjädrar a och b utan att beröra hvarandra. Den ena fjädern (b) är något längre än den andra, hvadan den förra dröjer kvar å släphjulets högsta kant (fig. 569) ännu ett ögonblick efter det den senare fallit ned. Härvid kommer emellertid stiftet a_1 å ena fjädern i beröring med kontaktplattan b_1 å den andra. Denna beröring fortfar, tills snäckan vid nästa sekundslag vrider sig så mycket, att äfven fjädern b nedfaller. Med stiftet och plattan äro de båda ledningstrådarna samt batteriet förenade, så att beröringen mellan dessa kontaktdelar alltså förorsakar en strömslutning. Gifvetvis måste a_1 och b_1 vara isolerade från fjädrarna, så att icke strömmen öfver dem finner väg genom snäckan.

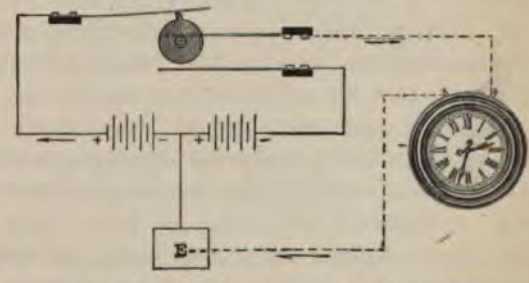


Fig. 573. Växelströmur med två batterier.

Om växelströmmar skola utsändas från normaluret, lämpar det sig bäst att begagna en liten växelströmsnyckel, kombinerad med uret. En sådan nyckel använder Wagner, hvilken likväl icke låter strömutsändningen ombesörjas direkt af primärurets gångverk utan af ett särskildt löpverk, som en gång hvarje minut utlöses af primäruret och efter gifven kontakt åter spärras. Fig. 572 visar denna inrättning med kontaktfjädrarna f_1 och f_2, kontaktstiften ii samt nyckelhäfstången G, hvars öfre gaffelformade del af ett mot tvenne friktionsrullar glidande tändhjul föres ömsevis mot höger och vänster och därvid kommer i kontakt med den ena eller andra fjädern.

Enklare, om än icke mera ändamålsenligt, kan man erhålla växelströmmar genom att använda tvenne batterier i stället för ett. Fig. 573 visar, huru man härför kan på bekvämaste sätt gå till väga.

Gifvetvis finnas många andra anordningar för ändamålets vinnande; de nu omnämnda torde emellertid vara tillräckliga för frågans belysande.

Elektriska timställare. Ett vanligt ur af hvad slag som helst kan bringas att visa rätt tid genom att minutvisaren på elektrisk väg en gång hvarje timme ställes något litet fram eller tillbaka. Man utgår därvid från den icke orimliga förutsätt-

Fig. 574. Elektrisk timställareinrättning. Fig. 575.

ningen, att uret under loppet af en timme icke hunnit afvika mera än en eller högst två minuter. Minutvisaren befinner sig således vid hvarje full timme i närheten af 60-minutstrecket, d. v. s. nära siffran XII. Här gripes visaren och inställes precis på 60-strecket för att ögonblicket därefter åter frigifvas.

Huru detta kan försiggå synes af fig. 574 och 575, som framställa en af Barraud & Lund uppfunnen anordning, hvilken sedan lång tid tillbaka användts i London och utmärker sig för sin enkelhet. På urtaflan finnes, strax ofvan siffran XII, en bågformig utskärning, vid hvars ändar två små stift sticka vinkelrätt ut. Vid full timme skjutas båda stiften plötsligt tillsammans, hvarvid ett af dem träffar minutvisaren och för honom med sig, tills stiften sammanträffa i bågens midt, d. v. s. å siffran XII.

Stiftens hopskjutande verkställes af en enkel elektromekanism, som befinner sig inuti uret och är afbildad i fig. 575. Nederst på två små vinkelhäfstänger sitta stiften $p\,p'$. Å häfstängernas öfre armar finnas spår $s\,s'$, i hvilka tvenne stift $r\,r'$, anbragta å en elektromagnets ankare, gripa in; å figuren äro sistnämnda stift uttagna ur spåren. En motvikt g på ankaret lyfter stiften $r\,r_1$ uppåt, hvarigenom stiften $p\,p_1$ åtskiljas. Insläppes en ström i elektromagneten — och detta sker vid full timme —,

attraheras ankaret, så att vinkelhäfstängernas öfre armar tryckas nedåt och stiften $p\,p'$ sammanskjutas.

I sammanhang härmed må omnämnas det sätt, på hvilket svenska telegrafverkets hufvudur inställas. Denna inställning verkställes visserligen icke en gång i timmen utan endast en gång hvarje vecka och då genom tidssignaler från Stockholms observatorium. Tidssignalerna utsändas från observatoriet hvarje måndagsmorgon till centraltelegrafstationen i Stockholm, där de afgrena dels till normaluret å samma station, dels — med användande af telegrafledningarna — till hufvuduren å telegrafstationerna i Göteborg, Malmö och Sundsvall, så att samtliga dessa ur på en gång inställas.

Först afsändas, kl. 8 t. 18 m. på morgonen, några lystringssignaler, hvarvid hvarje station iakttager, huru många *minuter* dess ur går före eller efter. Därefter dröjer observatoriet något med afgifvande af sista signalen, den efter hvilken uren ställas. Under dessa ögonblick arreteras stationsuret; man passar därvid på, så att sekundvisaren kommer att visa på 60. Arreteringen sker på det sätt, att en hake, applicerad till en elektromagnets ankare, griper in i en motsvarande hake å urets pendelkula och således fasthåller denna, då strömmen genom elektromagneten slutes. Detta senare sker medelst en telegrafnyckel.

Precis kl. 8 t. 20 m. 0 s. kommer sista signalströmmen från observatoriet. Denna ström ledes genom en särskild elektromagnet, kombinerad med den nyssnämnda men med motsatt verkan, så att hakarna släppa hvarandra. Pendeln utlöses samt återtager sin gång, och man har sekundvisaren exakt inställd. Minutvisaren flyttas därefter för hand så många minuter, som den visat sig afvika från rätta tiden, för så vidt den ej vid arreteringen stannat just på 20, då ingen vidare inställning behöfves.

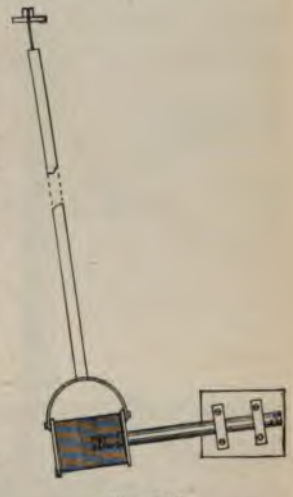


Fig. 576.
Elektrisk regleringspendel.

Elektrisk reglering af ur försiggår på det sätt, att urens *gång* genom tätt på hvarandra följande strömimpulser bringas till öfverensstämmelse med gången af något precisionsur. De sekundära uren kunna således tjänstgöra som normalur utan att därför behöfva vara tillverkade med den ytterliga noggrannhet, som sådana ur kräfva.

För ifrågavarande ändamål är lämpligast att begagna urens pendlar, hvilka inrättas så, att de genom strömmens inverkan tvingas att svänga i fullkomligt samma takt som normalurets. Af i praktiskt bruk varande system skola vi i korthet beskrifva det, som användes vid Berlins normalur.

På observatoriet därstädes finnes ett centralur, hvilket hvarannan sekund — d. v. s. hvarje gång pendeln just har fullbordat sin svängning åt t. ex. höger sida — på sätt förut omnämnts utsänder en ström af omkring $^1/_{10}$ sekunds varaktighet. Strömmen delas i sex ledningar, hvilka sluta i lika många ur, vanliga pendelur. Dessa senares pendlar äro anordnade i enlighet med fig. 576. Å hvarje pendel finnes i stället för pendelkula en rulle isolerad metalltråd, hvars ändar äro på lämpligt sätt ledda upp längs pendelstången och därefter förenade med ledningen. Något åt sidan i urfodralet sitter en magnetstång, öfver hvars fria pol trådspolen för hvarje pendelsvängning åt detta håll skjutes fram utan att likväl beröra den. En från centraluret kommande

strömstöt, som uppträder i trådspiralen, orsakar attraktion mellan denna och magneten. Om denna ögonblickliga ström inträffar, då pendeln är i sitt yttersta läge, således i begrepp att vända, hinner ej strömmen inverka på pendelns gång. Har pendeln däremot blifvit något litet efter, kommer attraktionen att påskynda dess rörelse; på samma sätt verkar attraktionen hämmande på pendeln, om den skulle hafva vändt något för tidigt. De regelbundet inträffande strömstötarna sträfva alltså att hålla pendeln så nära vändpunkten som möjligt, d. v. s. i samma läge som centralurets pendel har, då strömmarna utsändas. De sekundära uren tvingas därigenom att med största möjliga noggrannhet följa centralurets gång.

Fig. 577. Tidkula.

Optiska tidssignaler. Det är här på sin plats att nämna några ord äfven om elektriska inrättningar för optiska tidssignaler, hvilka gifvas å vissa förut bestämda tider och synas vida omkring, så att hvem som vill efter dem kan ställa sitt ur. Signaler af detta slag äro af betydelse framför allt för sjöfarande, hvilka som bekant måste hafva sina kronometerur inställda med yttersta noggrannhet för att kunna utföra fullt tillförlitliga ortsbestämningar å hafvet.

Fig. 577 visar exempel på en optisk tidssignalanordning, en s. k. *tidkula*. Själfva tidkulan är en stor boll, som upphänges å någon hög punkt. En elektrisk tidssignal, som utsändes från ett observatorium, vanligen precis kl. 12 på dagen, löser kulan, så att den faller och därmed tillkännagifver tiden.

För utlösningen användes en enkel elektromekanism (fig. 578). Bollen fasthålles af en tång Z, hvilken griper om en ögla på bollen. Då strömstöten kl. 12 kommer, ledes den genom lindningarna uti elektromagneten E. Denna attraherar då sitt ankare, hvaraf följden blir, att hammaren H faller och träffar spärrstången till hjulet R. Detta frigöres, så att tyngden F faller ned och därvid genom två sneda glidytor sammanför de öfre armarna af tången Z. De undre armarna åtskiljas då, och tidkulan är fri.

Kronografer. Den elektriska strömmen kan icke blott begagnas för sådana apparater, som hafva till ändamål att *visa* tiden, utan äfven och med stor fördel då det gäller att *mäta* tiden och särskildt då fråga är om stor noggrannhet och mycket små tidsdelar. Detta är ofta fallet vid vetenskapliga arbeten, framför allt inom astronomien; om än öfning och vissa konstgrepp kunna göra det möjligt för en vetenskapsman att direkt taga tiden så noga som på en tiondedels sekund, är detta mången gång långt ifrån tillräckligt. Genom användande af elektrisk tidsbestämning kan

äfven den fördel vinnas, att tiden *uppteckna*s, så att den kan afläsas, när sådant faller sig lägligast.

Fysikern och teknikern måste ofta mäta tidsdelar af kanske mindre än $^1/_{1000}$ sekunds varaktighet. Ett belysande exempel är det fall, då man har att bestämma hastigheten af en kanon- eller gevärskula i olika delar af banan. De instrument, hvarmed sådana tidsbestämmelser utföras, benämnas *kronografer*.

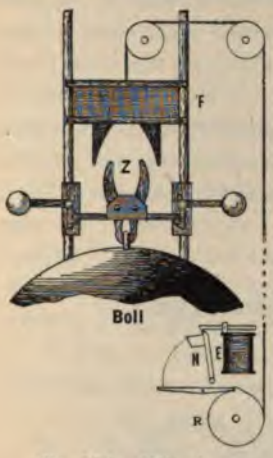


Fig. 578. Utlösningsmekanism för tidkula.

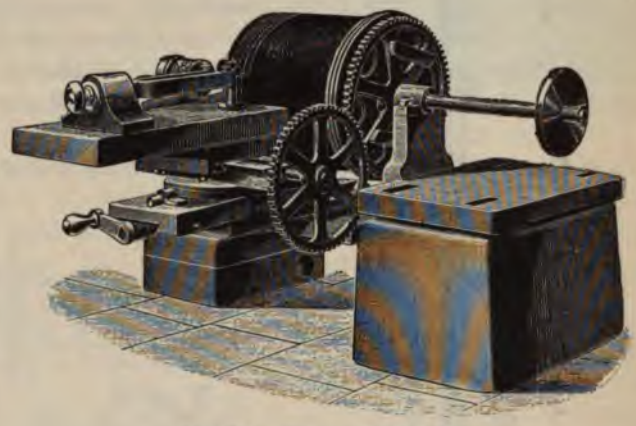


Fig. 579. Kronografmekanism.

Vid den kronograf, som afbildas i fig. 579, har tillämpats samma princip, som sedermera kommit till användning i fonografen. En vibrerande kropps svängningar, i detta fall en stämgaffels, uppteckna*s* nämligen i form af en våglinie å en cylinderyta. Då dessa svängningar kunna erhållas ytterst regelbundna och med snart sagdt hur små tidsmellanrum som helst, är det härigenom möjligt att sönderdela tiden i fullkomligt lika, ytterst kortvariga enheter. Genom en annan hjälpmekanism kan man bestämma, inom hvilken af dessa små tidsenheter en viss företeelse äger rum.

Fig. 580. Våglinier å kronografbladet.

Framför den svängande stämgaffeln roterar med stor men likväl likformig hastighet en cylinder, belagd med ett svärtadt pappersblad. Å änden af stämgaffelns ena arm sitter ett litet fint metallstift, som med sin spets ritar en hvit linie å papperet. Till följd af stämgaffelns vibration blir denna linie vågformig; hvarje våg (fig. 580) motsvarar så lång tid, som gaffeln behöfver för en svängning. Stämgaffeln är anbragt å en »support» eller »docka», hvilken af en med cylindern medelst kugghjul förenad, gängad axel flyttas något åt sidan för hvarje helt omloppshvarf af cylindern. Den vågiga linien kommer därför att spiralformigt löpa rundt kring valsen. Stämgaffelns svängningar åstadkommas genom inverkan af en elektromagnet på samma sätt som vid kläppen i en elektrisk ringklocka, nämligen så att ena stämgaffelarmen tjänstgör som strömbrytande ankare till elektromagneten. De särskilda vågbergen kunna således anses begränsa vissa små

tidsdelar, hvarderą utgörande en eller annan hundrade- eller tusendedel af en sekund. Låter man nu ett andra skrifstift, som sättes i rörelse af en elektromagnet, rita tvärstreck öfver våglinierna (se fig. 580), så kan tidsafståndet mellan två sådana streck lätt och säkert bestämmas, om man räknar antalet mellanliggande vågberg. Skall tidpunkten för en företeelse bestämmas, ställer man så till, att i samma ögonblick en strömslutning sker genom sistnämnda elektromagnet, så att ett tvärstreck uppkommer å pappersbladet. Af två sådana streck, ritade vid en viss företeelses början och slut, kan man med stor precision bedöma tidslängden.

En för tidmätningar vid skjutförsök mycket använd apparat är *Boulengés kronograf* (fig. 581). Den består hufvudsakligen af två elektromagneter E_1 E_2,

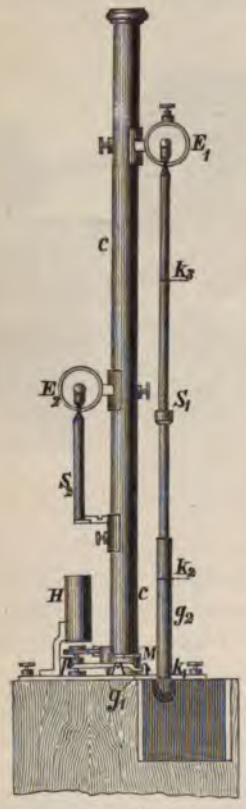


Fig. 581.
Boulengés kronograf.

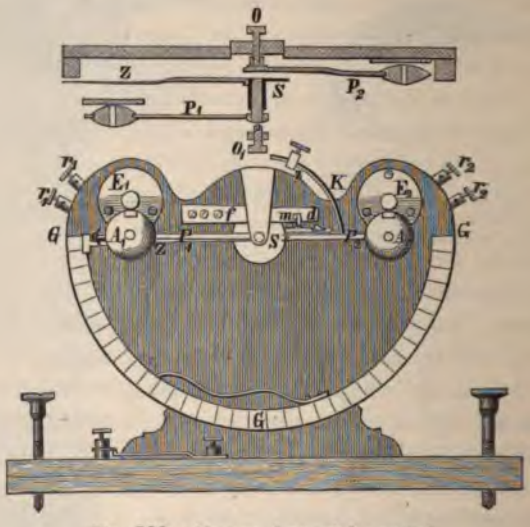


Fig. 582. Navez-Leurs' kronograf.

fästa vid en ståndare, och hvilkas järnkärnor, så länge de äro magnetiska, fasthålla metallstafvarna S_1 S_2. Nederst å apparaten finnes en aftryckaremekanism så beskaffad, att vid tryckning på häfarmen p ett horisontalt knifblad framdrifves mot stången S_1 och gör ett inhugg i dess zinkomhölje. Genom ett förberedande försök med ett elektriskt batteri för hvardera af elektromagneterna beräknas den tid, som åtgår för stafven S_1 att falla från det nedersta märket k_1 till märket k_2, d. v. s. lika mycket som afståndet mellan undre änden af stafven S_2 och aftryckaren p. När apparaten skall begagnas, sättas ledningarna från elektromagneterna i förbindelse med hvar sin af två uti skottlinien uppställda metalltrådsskärmar med kändt inbördes afstånd. Då kulan passerar första skärmen, afslites ledningen till E_1, stången S_1 blir fri och börjar falla; då andra skärmen passeras, afslites ledningen till E_2 och S_2 faller genom hylsan H ned på aftryckaren p, hvars knifegg då hugger ett märke k_3 högre upp på S_1. Fallhöjden k_1—k_3 motsvarar nu tydligtvis den tid, som åtgått för kulan att passera mellan båda skottskärmarna, jämte den tid, som stången S_2

behöft att falla stycket k_1—k_2. Med kännedom om fallhöjderna är det nu en lätt sak att beräkna dessa tider och följaktligen kulans hastighet.

Med *Siemens' kronograf* kan man utan något slags beräkning med stor noggrannhet uppmäta ytterst små tidsenheter. Den är så inrättad, att vid början och slutet af den tidrymd, som skall uppmätas, en elektrisk gnista hoppar öfver och gör märken i ett hjul, som af ett urverk kringdrifves med en hastighet af 100 hvarf i sekunden. Med tillhjälp af en i 100 delar graderad mikrometerskifva samt ett förstoringsglas kan noggrannheten i afläsningen uppdrifvas till $\frac{1}{1000000}$ sekund.

Navez-Leurs' pendelkronograf (fig. 582) har två metallpendlar, P_1 och P_2, hvilkas kulor kvarhållas af två elektromagneter, E_1 och E_2, men som sättas i rörelse den ena efter den andra, då ledningarna till magneterna afbrytas och dessa således förlora sin attraktionskraft. Den pendel, som sist faller, stannar då en visare Z, hvilken af den första pendeln försättes i svängning. På den graderade skifvan G kan då afläsas, huru mycket P_1 fallit under den tidrymd, man vill uppmäta, och hvilken tydligen lätt kan beräknas, liksom vid Boulengés kronograf, sedan man förut genom försök utrönt, hur lång tid som åtgår för pendeln P_2 att stanna visaren Z.

Det nu anförda torde vara tillräckligt för att gifva läsaren ett begrepp om de elektriska tidmätningsapparaternas konstruktion och användande.

* * *

Elektriska vaktkontrollapparater. För att kontrollera en nattvakts tjänstgöring plägar man förse honom med ett ur af särskild inrättning, ett s. k. väktarur. Inuti uret rör sig med timvisaren en pappersremsa. På olika ställen af den väg, nattvakten har att passera, finnas särskildt formade nycklar så fastsatta, att de ej utan stor svårighet kunna borttagas. Nycklarna passa alla i samma nyckelhål å uret, och vakten har skyldighet att, närhelst han passerar en nyckel, sätta in den i uret och vrida kring den ett hvarf. Därigenom uppkommer för hvarje gång ett märke på urets remsa, olika för de olika nycklarna. Då nu remsan är uppgraderad i timmar, kan man efteråt af dess utseende bedöma, huru många gånger och vid hvilka tider nattvakten har gått sin rond.

Denna kontroll är emellertid ej så alldeles pålitlig. Vakten har nämligen själf uret om hand och kan därför frestas att på något sätt söka »justera» detsamma, så att han sedan kan få sköta sin tjänstgöring efter sin bekvämlighet.

Man har därför konstruerat elektriska kontrollur, hvilka äro uppsatta å en för vakten oåtkomlig plats. I stället för nycklar finnas å kontrollställena elektriska kontakter, som vakten har att sluta, då han går förbi. Dessa kontakter kunna vara telegrafnycklar eller tryckknappar eller också helt enkelt dörrkontakter, hvilka automatiskt ombesörja registreringen, då vakten går sina turer. Från kontakterna gå ledningar till kontrolluret, hvar och en till sin särskilda elektromagnet. Dessa magneter påverka ankarhäfstänger, hvilka när de attraheras göra hål i en pappersremsa. Remsorna frammatas af urverket mycket långsamt, ungefär 40 mm. i timmen. Hvarje ankarhäfstång slår sina hål i en motsvarande långsgående linie å remsan, hvilken alltså gifver en lätt tydbar bild af vaktens sätt att uppfylla sin plikt.

Om kontrollställena äro många, kan detta system emellertid icke användas, ty man skulle då behöfva alltför många ledningar och elektromagneter. Kontrolluret kan

då inrättas enligt Theodor Wagners konstruktion, med endast två ledningstrådar och två elektromagneter, och vid hvilken kontrollställena kunna vara huru många som helst. Dessa ur bestå i hufvudsak, förutom af de två elektromagneterna, af en i timmar och minuter noga graderad pappersremsa, anbragt på en med urverket rörlig vals. Framför denna befinna sig elektromagneterna (E_1, E_2 fig. 583), och medelst en med urverket kombinerad strömslutningsinrättning (c) slutes strömmen genom endera af dem med korta mellanrum. Men detta sker endast, så vida någondera ledningen till kontrollställena (u_1, u_2 etc) är oafbruten; i annat fall kan ingen ström uppträda. Vid hvarje strömslutning genom en elektromagnet neddrages dess ankare och stickes ett hål i papperet.

När vakten börjar sin tjänstgöring, är ena (öfre) ledningen sluten. Detta visar sig på pappersremsan därigenom, att den ena elektromagneten, E_1, sticker hål i remsan på sin sida upprepade gånger. Så snart vakten kommer till första kontrollstället u_1, omvrider han en där befintlig omkastare, så att första ledningen afbrytes och den andra i dess ställe tillkopplas. Men då andra ledningen fortfarande är afbruten å alla de följande kontrollställena, blir resultatet det, att båda ledningarna nu äro öppna

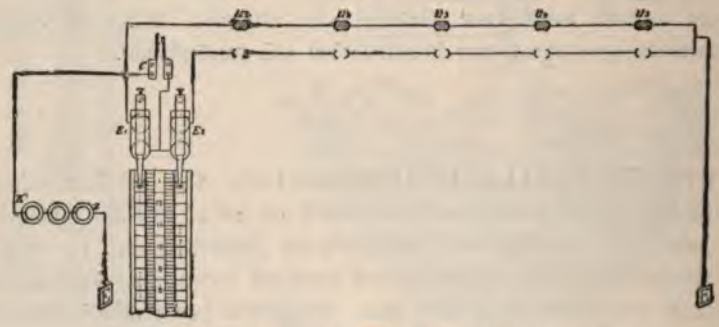


Fig. 583. Ledningsschema för elektriska väktarur.

och att således inga vidare hål göras å remsan, hvarken af den ena eller andra elektromagneten. Vakten fortsätter sin rond, och vid hvarje kontrollställe omkastar han ledningarna. Då han slutligen kommit till sista punkten och slagit om dess omkastare, men icke förr, är den andra ledningen sluten. Elektromagneten E_2 börjar då sticka hål å sin sida af pappersremsan och fortfar därmed, tills vakten börjat sin andra tur och hunnit med att vrida tillbaka den första omkastaren.

Slutet och början af hålraderna i remsan utmärka således tidpunkten för början och slutet af hvarje rond. De stycken af remsan, å hvilka inga hål finnas, beteckna de tider, då vakten varit ute; de stycken, där hålen komma i följd efter hvarandra, utvisa, när han tagit sig ledigt. Vakten kan ej under någon rond obemärkt låta bli att besöka och verkställa omkastningen å något af kontrollställena; sådan underlåtenhet framträder å pappersremsan som en hel försummad tur.

Omröstningstelegrafer. Omröstningarna, t. ex. i en riksförsamling, med åtföljande uträkning af resultaten upptaga ofta en dyrbar tid. Det är därför helt naturligt, att man försökt utfinna något hastigare och bekvämare sätt för det rent mekaniska arbetet härvid, liksom ock att man då i första hand kommit att tänka på den elektriska strömmen. Ett stort antal olika omröstningsapparater hafva också

dels utarbetats, dels föreslagits; ehuru ingen sådan veterligen ännu kommit till praktisk användning i någon lagstiftande församling, torde det likväl vara af intresse att lära känna, hur en sådan apparat kan vara inrättad. Härtill kan väljas den apparat, som konstruerats af Werner v. Siemens och hvilken torde ganska väl uppfylla rimliga anspråk.

Låtom oss antaga, att en sådan apparat vore uppsatt inom plenisalarna. Hvarje riksdagsman har då på sin plats sin särskilda nyckel, medelst hvilken han kan aftelegrafera sitt *ja* eller *nej*. Nycklarna äro så anordnade, att ingen kan rösta på någon annan plats än sin egen. Härigenom är möjligheten till »oegentligheter» utesluten. Sedan alla riksdagsmännen, hvar och en sittande vid sin pulpet, inställt sina nycklar på *ja* eller *nej*, omvrides en vef å själfva rösträkningsapparaten. Därvid framträda omedelbart en siffra angifvande antalet afgifna *ja*, en annan siffra angifvande

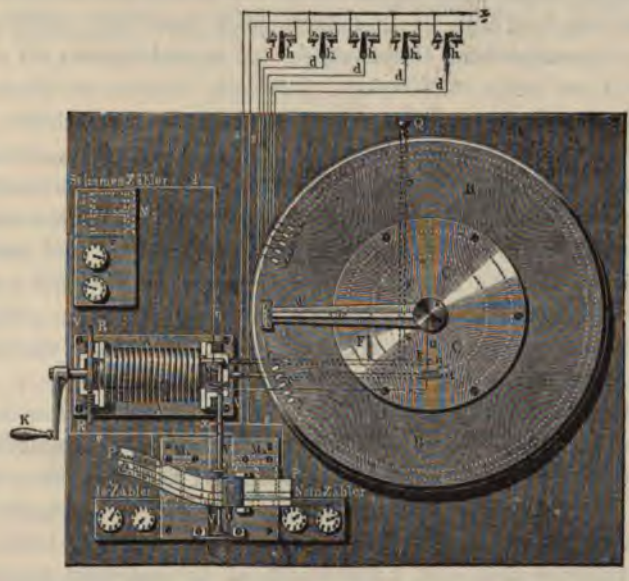


Fig. 584. Siemens' omröstningstelegraf.

nej samt dessutom för kontrollens skull en siffra utvisande hela antalat afgifna röster. Men icke nog härmed. På en pappersremsa, å hvilken alla riksdagsmännens namn äro upptecknade, är vid hvarje namn den af vederbörande riksdagsman afgifna rösten tryckt, så att därigenom ett fullständigt röstprotokoll erhålles. Denna senare anordning begagnas gifvetvis endast då fråga är om *öppen* omröstning, hvaremot den måste vara borttagen vid *sluten*.

Siemens' omröstningstelegraf visas i fig. 584. På omkretsen af en stor skifva (*B*) finnas lika många kontakter (*y*) som det antal röstande, för hvilket apparaten skall arbeta. En kontaktarm *W* kan föras rundt kring skifvan och berör då efter hvartannat alla kontakterna, hvilka därvid genom armen bringas i förbindelse med en strömkälla. Hvarje kontaktstycke är medelst ledning förenadt med motsvarande nyckels häfstång; vid armens kringförande ledes alltså en kortvarig ström till hvar och en nyckel. Denna ström går öfver till *ja*-ledningen (*x*) eller *nej*-ledningen (*z*), beroende på huru nyckeln är ställd. Står nyckeln hvarken på *ja* eller *nej*, då så-

ledes ingen röst afgifves, är strömmen afbruten. Ledningen x slutar i ett räkneverk, hvars enhetsvisare för hvarje ström — hvilken, som vi strax få se, består af två strömstötar af olika riktning — framflyttas ett steg, likasom minutvisaren i ett elektriskt ur. Tiotals- och följande visare stå genom kugghjul i förbindelse med enhetsvisaren. På samma sätt har ledningen z sitt räkneverk. Å apparaten finnes vidare en telegrafapparat med två elektromagneter (M_1 och M_2), af hvilka den ena är inkopplad i *ja*-ledningen, den andra i *nej*-ledningen. Elektromagneternas ankaren äro polariserade, så att de attraheras en gång för hvarje dubbel strömstöt, som genomgår dem. Till skrifapparaten hör en pappersremsa P, som frammatas automatiskt på samma gång som kontaktarmen vrides. Matningen är så ställd, att de å remsan tryckta namnen komma midt för elektromagneternas skrifstift samtidigt med att motsvarande kontaktstycke å skifvan B beröres af armen. Häraf inses lätt, hurusom de i elektromagneterna uppträdande strömstötarna vid hvarje namn aftrycka ett *ja*- eller *nej*-tecken, eller ock intet alls, då från någon plats ingen röst afgifvits.

Bakom elektromagneterna förena sig *ja*- och *nej*-ledningarna till en enda tråd q, hvilken leder till det tredje räkneverket. Till detta framkomma således alla strömstötarna utan åtskillnad, hvarför summan af alla rösterna här erhålles.

Strömkällan är en magnetinduktor A, å fig. sedd ofvanifrån. Då denna medelst vefven K kringvrides, utsänder den för hvarje hvarf två olikriktade strömstötar, hvilka öfver armen W på förstnämnda sätt ledas vidare. Kontaktarmen samt skrifapparatens frammatningsvals stå genom kugghjul i förbindelse med induktoraxeln, så att för hvarje hvarf af axeln armen framflyttas från en kontakt till den nästföljande samt pappersremsan i skrifapparaten från ett namn till det nästa. Man ser således, att apparatens olika delar noga följa hvarandra, så att misstag vid rösträkningarna ej gärna kunna uppkomma.

Ehuru icke direkt hithörande må här nämnas, att man ifrågasatt elektricitetens användande äfven för *statistiska* beräkningar. Vid den senaste stora amerikanska folkräkningen, omfattande c:a 65 millioner människor, lär för de inkomna uppgifternas sortering och hopsummering ha användts en af mr Hollerith uppfunnen *elektrisk* räkneapparat, som snabbt och säkert angaf resultaten, och hvars arbetssätt i korthet beskrifves på följande sätt. Vid insamlandet af de statistiska uppgifterna (ålder, kön, yrke, bostad, nationalitet m. m.) användes blanketter, där dessa uppgifter betecknades genom perforering i olika kombinationer och kolumner. Dessa blad inlades uti apparaten, som var så inrättad, att de genomhålade ställena framsläppte metallstift, som sluta den elektriska ledningen till en räknemaskin alldeles så, som stiften uti en automatisk snabbtelegrafapparat verka genom den perforerade remsan. Samtidigt sorteras dessa uppgiftsblad uti en med skilda fack inrättad låda, hvilkas lock öppnas för hvarje strömslutning.

Huruvida denna metod med fördel kan användas äfven vid sådana räkningar i anspråkslösare skala, synes emellertid vara tvifvelaktigt.

X. Telefoni.

Inledning. — Telefonen. Reis' telefon. — Bells telefon. — Modifikationer af Bell-telefonen. — Dolbear's, Grays, Edisons m. fl:s telefoner. — Mikrofonen. Mikrofonströmmens transformering. — Hjälpanordningar m. m. vid telefonapparater. — Fullständiga telefonapparater. — Telefonväxelapparater. — Luftledningar och kablar; telefonnät. — Underjordskablar. — Multiplextelefoni. — Telefonväsendet i Sverige. — Telefon eller telegraf? — Särskilda användningar af telefon och mikrofon. — Fonografen m. m. — Elektrisk fjärrskådning.

Likasom ordet *telegrafi* i sin ursprungliga betydelse betecknar konsten att låta skrift framträda på långa afstånd, så har *telefonien* till sin uppgift att göra ljudet och framför allt det *talade ordet* hörbart å längre håll.

Sträfvanden att finna något sätt för öfverförande af ljudet mellan mer eller mindre aflägsna orter kan spåras mycket långt tillbaka. Redan det vanliga talröret innebär en lösning af detta problem. År 1667 beskref Robert Hook, hurusom man medelst en hårdt spänd tråd kunde öfverföra ljudet på ganska betydligt afstånd. Detta sätt för telefonering har någon gång funnit användning äfven på senare tider. I hvardera änden af tråden, som helst bör vara af metall, fästes ett membran, som kan uppfånga eller återgifva ljudvågorna, hvilka fortplantas genom vibrationer i trådens massa.

Det är emellertid först sedan *elektriciteten* börjat användas för ljudets öfverförande, som telefonien kunnat utveckla sig till större fulländning och till den betydelse, som den nu har såsom förbindelsemedel. Redan vid beskrifningen af de särskilda telegrafapparaterna har omnämnts, att å flera sådana telegrafteckнen framträda *hörbara*. Detta är t. ex. fallet å den vanliga Morse-apparaten, vid hvilken man ju stundom (*soundern*) helt och hållet borttager skrifinrättningen, så att telegrafteckнen uppfångas uteslutande med hörseln. En sådan apparat är ju i själfva verket ingenting annat än en telefonapparat, om än en mycket ofullkomlig sådan. Likaledes kan man anse, att de s. k. *fonotelegrafiska* apparaterna äfven falla inom området för telefonien, alldenstund man med deras hjälp kan på elektrisk väg öfverföra *toner* från ett ställe till ett annat. En sådan apparat kan likväl som bekant endast återgifva *en enda* ton, af ett visst svängningstal.

Telefonen.

Med en telefonapparat i egentlig mening menar man emellertid en sådan, som är i stånd att återgifva icke blott toner af hvilket svängningstal som helst utan äfven det *artikulerade* ljudet, sådant detta framträder t. ex. i människorösten, i tal och sång.

Tanken att med elektricitetens hjälp öfverföra ljudvibrationer på längre afstånd synes hafva haft sin första upprinnelse uti den af amerikanen Page år 1837 gjorda iakttagelsen, att järnkärnan i en elektromagnet något förlänges, då en ström genomgår elektromagnetens lindningar, men återtager sin ursprungliga längd, så snart strömmen upphört. Genom en serie af korta, hastigt på hvarandra följande strömmar kunde man alltså försätta en dylik järnkärna i längdvibrationer och frambringa en ton, hvars höjd berodde endast af strömstötarnas frekvens.

År 1851 skref den engelske fysikern Farrar: »Om strömstyrkan kunde förändras genom svängningarna hos en kropp, hvilken i likhet med örats trumhinna genom ljudvågorna försattes i vibration, skulle talljudet sannolikt kunna återgifvas.» — Paterna i Prag uppgifves år 1852 hafva lyckats att medelst tvenne genom en ledning förenade elektromagneter, försedda med tunna järnskifvor såsom ankare, öfverföra

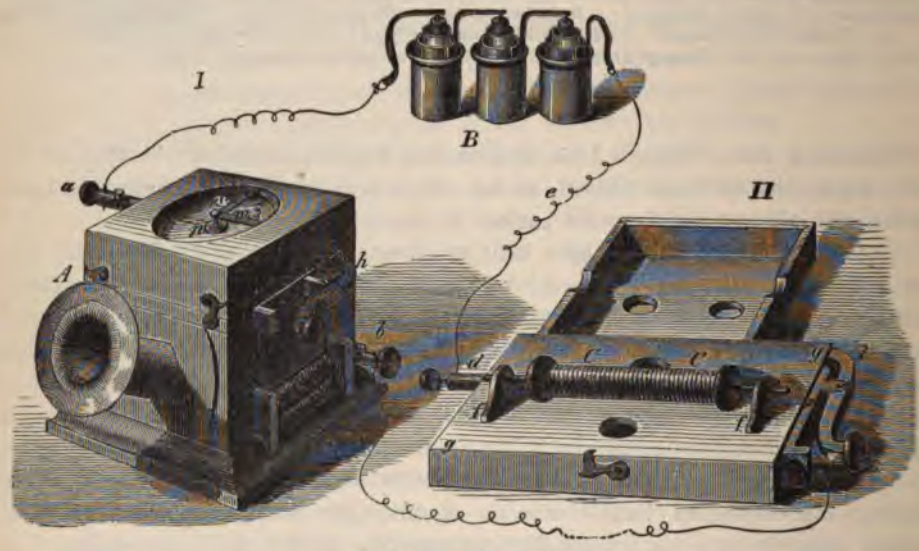


Fig. 585. Reis' telefon.

musik på långt håll. Bourseul förutsade 1854 möjligheten att med elektricitetens hjälp kunna samtala mellan Paris och Wien och angaf t. o. m. principerna för det sätt, hvarpå man härvid borde gå till väga.

Reis' telefon. Den förste, som riktigt på allvar tog itu med frågans lösning, var emellertid Philip Reis, lärare i Friedrichsdorf i Tyskland. Han studerade noggrant villkoren för problemet samt örats verkningssätt och uppfann år 1860 en apparat, som han själf benämnde *telefon*, d. v. s. »fjärrljudare». Denna apparat förevisades följande år på ett naturvetenskapligt möte i Frankfurt a/M och kan anses som den först konstruerade, användbara telefonen.

Reis' telefon (fig. 585) är inrättad på följande sätt. På stationen I finnes en trälåda, å framsidan försedd med en ljudtratt, *A*. Öfver en rund öppning å öfre sidan är spänd en tunn elastisk hinna, t. ex. af svintarm. På denna hinna är fäst ett mycket tunt platinableck, *p*, mot hvilket spetsen af ett fjädrande platinastift *n* hvilar. Beröringen äger likvisst rum endast så länge hinnan är stilla men upp-

hör då hinnan vibrerar, en gång för hvarje svängning. Från ena polen af batteriet *B* ledes en elektrisk ström genom klämskrufven *a*, blecket *p* och stiftet *n* till klämskrufven *b*. Härifrån går strömmen genom en metalltråd till en klämskruf på mottagningsapparaten å andra stationen II och genom spiralen *CC* samt tråden *e* tillbaka till batteriets andra pol. Inuti spiralen ligger en smal järnstång, hvars ändar hvila på de vid resonnansbottnen *gg* fästa stallen *ff*. Delarna *h i k l* å båda stationerna tillhöra en inrättning, hvarigenom lystringstecken gifves, då telefoneringen skall börja.

Om man talar eller sjunger nära framför tratten *A*, kommer luften inuti lådan och därigenom äfven den elastiska hinnan att vibrera. Härvid uppstå uti beröringspunkten mellan stiftet *n* och platinablecket *p* upprepade afbrott och slutningar af den elektriska strömmen, hvilka orsaka motsvarande förlängningar och förkortningar af järnstången i mottagningsapparatens elektromagnet. Huru obetydliga dessa rörelser än äro, framkalla de likväl, hastigt upprepade, en förnimmelse af det aftelefonerade ljudet, hvilket väsentligen förstärkes af resonnansbottnen.

Afsändningsapparaten är konstruerad efter förebilden af hörselapparaten i örat. Taltratten och lådan motsvara ytterörat och örongången och det elastiska membranet trumhinnan; platinaplattan och stiftet, löst berörande hvarandra, motsvara hörselbenen. Mottagningsapparaten till Reis' telefon anordnades helt och hållet enligt de af Page angifna grunderna.

Den nu beskrifna telefonapparaten återgaf ganska tydligt musikaliska ljud men var däremot föga användbar för öfverförande af det talade ordet. Den kom därför icke till någon synnerlig användning, men Reis' uppfinning hade likväl sin betydelse som den första lösningen af telefonproblemet och som grundval för den nutida telefonien.

Bells telefon. Vid telefonisk öfverföring af talljud är det af största vikt, att detta ljud återgifves icke blott till *tonhöjd* och *styrka* utan äfven till *klangfärg*. Ty jämte svängningstalet (tonhöjden) och svängningsamplituden (tonstyrkan) är just den af de s. k. öfvertonerna betingade *svängningsformen* (klangfärgen) väsentlig för tonens inviduella uttryck hos olika musikinstrument och i ännu högre grad för tonföljderna uti människans tal. Men svängningsformen kan icke återgifvas genom en följd af från hvarandra skilda strömstötar (pulsatorisk ström), sådana de förekomma i Reis' telefon. Denna apparat kan därför återgifva endast tonens höjd och i viss grad äfven dess styrka, men till följd af klangfärgens uteblifvande kan man vid densamma knappast särskilja tonerna från olika musikinstrument och ännu mindre rösterna från olika personer.

Skall klangfärgen kunna tydligt framträda vid telefoneringen, måste de elektriska strömmarna nödvändigt vara *undulatoriska*, d. v. s. sådana, att styrkan ökas eller minskas *successivt* och ej genom tvära slutningar eller afbrott, såsom fallet är med de *pulsatoriska* strömmarna. Sedan man under åtskilliga år gjort flerfaldiga försök, dock utan vidare framgång, att afhjälpa bristerna i Reis' telefon, lyckades det slutligen professor Alexander Graham Bell, född i Edinburg och bosatt i Boston, att på ett öfverraskande enkelt sätt lösa detta problem. Han inlämnade den 14 februari 1876 ansökan om patent i Nordamerikas Förenta stater å en af honom uppfunnen telefon. Genom en egendomlig tillfällighet inlämnades samma dag en annan patentansökan å en apparat för samma ändamål, uppfunnen af Elisha Gray. Bell

utarbetade emellertid efter hand sin telefon till allt större fullkomlighet och med det resultat, att densamma med mer eller mindre oväsentliga förändringar nu användes så godt som öfver hela jorden.

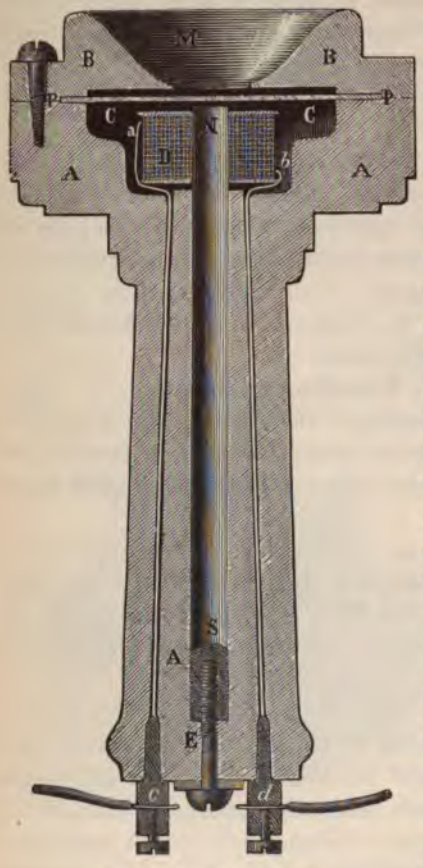


Fig. 586. Bell-telefonen.

Till en början använde Bell liksom Reis ett batteri, som magnetiserade järnkärnan i telefonens elektromagnet. Han fann emellertid snart, att det var vida fördelaktigare att borttaga batteriet och för telefonen använda en *permanent* magnet. Den sålunda fullkomnade Bell-telefonen (fig. 586) består hufvudsakligen af en rak stålmagnet NS, innesluten i ett rör af trä eller ebonit. Magnetstafvens ena ände har en polsko af mjukt järn, omlindad med en spiral af fin öfverspunnen koppartråd och belägen i rörets öfre trattformiga del. Denna spirals båda ändar äro genom gröfre trådar, inlagda i hylsröret, förenade med hvar sin af tvenne kontaktklämmor å hylsans motsatta ände. Nära intill den ur trådspiralen något framskjutande änden af magnetstafven befinner sig ett membran (ljudskifva), hvilket af ljudvågorna försättes i vibrerande rörelse. Membranet utgöres af ett lackeradt eller förtent järnbleck om 0,2—0,4 mm. tjocklek och är säkert fäst, på sätt fig. visar. Själfva ljudöppningen är trattformigt utvidgad i ändamål att koncentrera ljudvågorna, innan de träffa membranet.

Två sådana telefoner antaga vi vara förenade medelst ledningstrådar, vanligast, ehuru ej å fig., fastsatta i ändkontakterna (fig. 587). Då en elektrisk ström genomgår lindningarna i en elektromagnet, blir, som vi redan veta, järnkärnan magnetisk och attraherar ankaret. Detta samband mellan strömmen i lindningen och ankarets rörelser gäller emellertid äfven omvändt. Om nämligen ankaret sättes i rörelse genom någon yttre kraft, kommer magnetismen i järnkärnan att förändras och såsom en följd häraf elektrisk ström att framkallas (induceras) i trådlindningen. Härvid förutsättes naturligtvis, att järnkärnan af en eller annan orsak själf är magnetisk. På dessa förhållanden grundar sig Bell-telefonens verkan. Den består ju af en permanent magnet med tillhörande trådlindning och äger ett rörligt ankare — ljudskifvan. Då man talar i ljudtratten, försättes membranet i vibration och ändrar alltså oupphörligen läge i förhållande till magnetpolen. För hvarje närmande stärkes magnetismen och en ström uppstår i trådlindningen; vid aflägsnandet försvagas stålstångens magnetism, och en ström induceras i motsatt riktning. Strömmens styrka i hvarje ögonblick beror på den hastighet, hvarmed ljud-

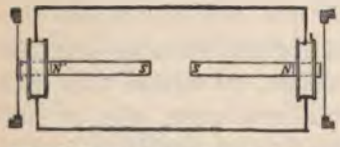


Fig. 587. Principen för ljudöfverföring med telefon.

skifvan i samma ögonblick rör sig. Såsom lätt inses, växlar emellertid denna hastighet så, att den för hvarje svängning har sitt maximum, då ljudskifvan passerar sitt hviloläge, men därefter alltmer minskas och blir = 0 i det ögonblick, då ljudskifvan vänder för att svänga åt motsatt håll. Till följd häraf kommer äfven de inducerade strömmarnas styrka att successivt till- och aftaga, d. v. s. de blifva *undulatoriska*. Men detta var just villkoret för att artikulerade ljud skulle kunna återgifvas med tillhjälp af den elektriska strömmen. Vibrationerna af den ena telefonens membran (fig. 587) komma därför att orsaka motsvarande strömvibrationer i denna telefons trådspiral, hvilka genom ledningen fortplantas till den andra telefonen och dess trådspiral samt därvid komma att, alltefter sin riktning, öka eller minska magnetismen i tillhörande stålstaf, d. v. s. den kraft, hvarmed denna attraherar sin ljudskifva. Den senare råkar därigenom uti svängningar, hvilkas antal och form noga öfverensstämma med svängningarna af taltelefonens ljudskifva. Men deras amplitud (storlek) är betydligt mindre till följd af kraftförlusten i ledningen samt förlusterna vid membransvängningarnas transformering till elektricitet och tvärt om.

Tal, musik, sång eller hvarje annat ljud, som träffar den ena telefonens membran, återgifves på detta sätt af den andra telefonen, fullkomligt lika både till tonhöjd och klangfärg men visserligen mycket svagare än det ursprungliga ljudet. Då den mänskliga hörselapparaten emellertid är ytterst känslig, uppfattas ljudet lätt, då telefonen hålles tryckt intill örat, äfven om ledningen mellan båda telefonerna är flera mil lång.

Bells' telefon kan sålunda tjänstgöra både som talapparat (transmitter) och som hörapparat (receiver). Vid samtal är det likväl bekvämast, att båda de samtalande hafva hvardera två telefoner, inlänkade i samma ledning, af hvilka den ena hålles till örat och den andra framför munnen.

Ofvan är nämndt, att mycket af ljudets styrka går förloradt vid telefoneringen. I själfva verket lämpar sig Bells telefon vida bättre att återgifva talet än att upptaga detsamma; telefonen är mera ägnad att omsätta strömvågor i ljudvågor än tvärt om. Man har därför konstruerat en särskild apparat för talljudets mottagande och förvandling till elektrisk ström, nämligen *mikrofonen*, hvilken längre fram skall beskrifvas. Telefonen, sådan den af Bell anordnades, användes numera hufvudsakligen som mottagningsinstrument och kallas därför vanligast *hörtelefon*.

I enkelhet och känslighet kan denna hörtelefon knappast öfverträffas. Också hafva de otaliga modifikationer af densamma, som hittills sett dagen, medfört endast ringa förbättring. Huru ytterst ringa den kraft är, med hvilken hörtelefonen arbetar, kan inses däraf, att äfven vid starkt ljud membranets svängningsamplitud ej behöfver öfverstiga 0.00005 mm. och att ljud förnimmes äfven då amplituden är föga mer än $^1/_{50}$ häraf. Styrkan af den svagaste ström, som erfordras för att hörbart påverka telefonen, är försvinnande liten; man har beräknat den till 0,0000000000006 ampère!

Det sätt, på hvilket hörtelefonen verkar, brukar i allmänhet förklaras så, som ofvan skett. Fullt så enkelt är det emellertid ej. Det är ej endast membranet som vibrerar, äfven magnetstången med polstycke och trådlindning deltager i svängningarna: det har lyckats att telefonera, äfven om membranet varit borta, hvarvid ljudet naturligtvis blifvit betydligt försvagadt. Man har funnit, att molekulära vibrationer i telefonens särskilda delar bidraga till dess verkan.

Modifikationer af Bell-telefonen. För att öka magnetismen och dess växlingar vid telefoneringen ersatte Werner Siemens stålstången i Bells telefon med

en böjd hästskoformig magnet. Båda polerna äro försedda med förlängningar af mjukt järn och vända mot membranet. Hvardera polförlängningen omgifves af en trådspiral, och båda spiralerna äro insatta efter hvarandra i ledningen på det sätt, att de samverka vid telefoneringen. Siemens' telefon har sedermera undergått flera förändringar och användes af den tyska rikstelegrafförvaltningen numera i den form, fig. 588 framställer.

Fig. 588. Tyska rikstelegrafverkets hörtelefon.

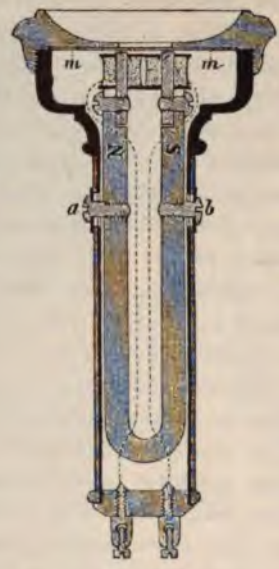


Fig. 589. Svensk hörtelefon.

Den hörtelefon, som i Sverige mest begagnas, är L. M. Ericssons, Stockholm; den är sammansatt enligt samma grunder som den Siemenska, således med hästskoformig magnet (fig. 589). Medelst skrufvarna *a* och *b* kan afståndet mellan ljudskifvan *mm* — af lackeradt järnbleck — och magnetpolerna regleras; vanligen är detta afstånd mellan $^1/_4$ och $^1/_2$ mm. Locket, hylsan kring handtaget och fästet för kontaktskrufvarna äro af utvändigt polerad ebonit men själfva stommen, å fig. betecknad med djupsvart, af förnicklad mässing. De prickade linierna utmärka ledningstrådarna från spiralerna till kontaktklämmorna. Ericssons hörtelefon utmärker sig för stor känslighet samt för ett elegant och prydligt yttre. Den är betydligt mindre och lättare än Siemens' telefon.

En tvåpolig telefon har äfven konstruerats af Ader i Paris (fig. 590). Hästskomagneten har formen af en ring, hvilken befinner sig utanför den metalldosa, som

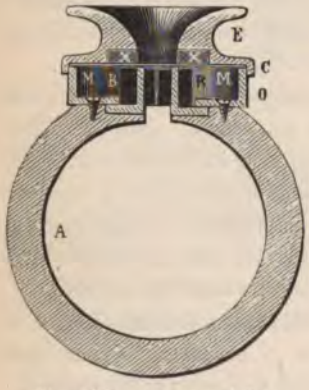


Fig. 590. Aders telefon.

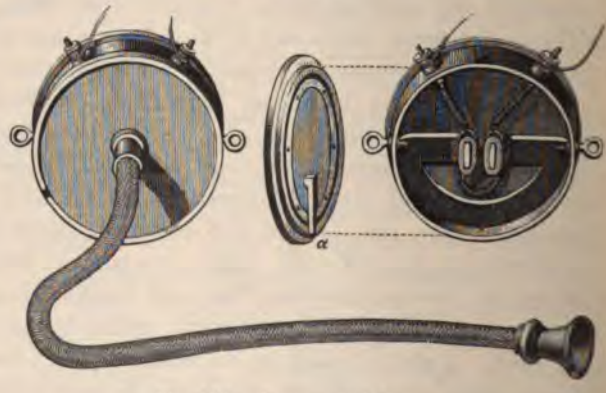


Fig. 591. Gowers telefon.

innehåller magnetpolerna och membranet. Magneten utgör på samma gång handtag för telefonen. Strax ofvanför ljudskifvan ligger en liten ring, *xx*, af mjukt järn, hvilken samlar de magnetiska kraftlinierna genom ljudskifvan och sålunda förstärker magnetens verkan på denna. Aders telefon användes mycket i Frankrike, Belgien och Österrike och är en särdeles god receptor (mottagare) men lämpar sig däremot

ej alls som transmitter (afsändare), emedan ljudskifvans svängningsamplitud därtill är för liten.

En telefon af egendomligt slag sammanställdes år 1879 af Gower (fig. 591). Magneten är böjd i form af en halfcirkel, helt och hållet innesluten i en platt mässingsdosa, som äfven innehåller apparatens öfriga delar. I stället för den vanliga ljudtratten strax framför membranet begagnas en tämligen lång slang, utmynnande innanför ljudskifvan och i motsatta änden försedd med ljudtratt. Gowers telefon utmärker sig för ovanligt stor ljudstyrka och kan äfven med fördel användas som afsändningsinstrument, hvilket också var Gowers ursprungliga afsikt. Vid telefoneringen låter man dosan hänga på sin plats men håller ljudtratten framför munnen eller intill örat.

Den af Stöcker & C:o i Leipzig konstruerade telefonen har, liksom ock d'Arsonvals telefon, blott en trådspiral, upplindad å magnetens ena polförlängning. Å den andra magnetpolen finnes ett ringformigt polstycke, som omsluter trådlindningen. Genom denna inrättning koncentreras de magnetiska kraftlinierna, som genomgå trådspiralen, så att hvarje del af denna verkar under möjligast gynnsamma villkor.

Böttchers telefon företer den egendomliga anordningen, att magneten deltager i vibrationerna. Enär magnetens svängningar gå i motsatt riktning mot ljudskifvans,

Fig. 592. L. M. Ericssons dostelefon.

Fig. 593.

skulle induktionsverkningarna komma att ökas och därigenom det återgifna ljudet förstärkas.

Phelps telefon, den s. k. *krontelefonen*, är försedd med ända till 6 ringformigt böjda magneter, så ordnade, att de alla med sin ena pol äro förenade med trådspiralens järnkärna.

Mercadiers bitelefon har i stället för ljudtratt ett rörformigt utsprång, som införes i örat. Vanligen begagnas samtidigt tvenne sådana telefoner, en vid hvardera örat (däraf namnet *bitelefon*). De sammanhållas därvid af en böjd ståltråd, som hänger ned under hakan. Oaktadt sin ringa storlek (vikt endast omkr. 50 gram) är Mercadiers telefon synnerligen känslig och återgifver ljudet mycket tydligt.

En telefonkonstruktion, som till följd af sitt billiga pris funnit ganska stor användning, är den s. k. *dostelefonen*. Den liknar ganska mycket Gowers telefon, ty samtliga delar inneslutas i en platt dosa, så liten att den bekvämt kan rymmas i fickan eller hållas i handen. Ljudtratten är anbragt i locket. Magneten är af olika konstruktion; vanligast har den formen af en sluten ring, försedd med två diametralt motsatta utsprång, polstyckena, hvilka uppbära de båda trådlindningarna i midten af ringen. Gifvetvis kunna sådana dostelefoner ej verka så kraftigt som telefoner med större och starkare magneter, men för kortare ledningar tjänstgöra de förträffligt. Ett par sådana telefoner visas i fig. 592 och 593; den större väger 150, den mindre med snöre 300 gr.

En mängd olika telefonanordningar hafva blifvit utförda, mer eller mindre anslutande sig till Bells uppfinning — många af dem hafva tillkommit endast för att

möjliggöra ett kringgående af Bells patent. De nu i korthet beskrifna torde emellertid vara de mest kända och allmännast begagnade.

Dolbears, Grays, Edisons m. fl:s telefoner. En telefon af säreget slag och af alldeles öfverraskande enkelhet är den, som konstruerats af professor A. E. Dolbear med ledning af förut gjorda undersökningar af Varley, Wright m. fl. Såsom af fig. 594 framgår, utgöres den helt enkelt af tvenne tunna metallbleck, inbördes isolerade och insatta i en hylsa af ebonit med ljudtratt och handtag. Magnet och induktionsrulle finnas icke. Ljudskifvorna ligga mycket nära hvarandra och äro förenade med hvar sin af de båda ledningstrådarna till telefonen. Då en strömstöt inkommer utifrån, laddas de båda skifvorna med motsatt elektricitet, till följd hvaraf de attrahera hvarandra. Då strömmen upphört, återföras de genom sin elasticitet till hvilolägena. De komma således för hvarje strömstöt att utföra en fullständig vibration. Inkommer i denna apparat en undulatorisk ström, t. ex. från en vanlig Bell-telefon, hvars membran sättas i svängningar af tal eller sång,

Fig. 594—596. Dolbears telefon.
Inre utseende. Yttre utseende. Ljudskifvorna.

återgifves ljudet tydligt, om än med ringa styrka. Fig. 595 visar yttre utseendet af Dolbears telefon, fig. 596 de båda ljudskifvorna med sin ram. Någon allmännare praktisk användning har emellertid denna telefon ej fått, lika litet som andra system af Cornelius Herz, Gibbeney-Thomson m. fl. grundade på samma princip, och detta hufvudsakligen till följd af den svaghet, hvarmed ljudet återgifves, så vida man nämligen icke vill använda mycket starka batterier. Dessa apparater äro emellertid af stort teoretiskt intresse, på samma gång som de visa örats mottaglighet äfven för ytterst ringa verkningar.

Dolbears apparat är egentligen ingenting annat än en kondensator med endast tvenne blad och med luft som dielektrikum. Redan i slutet af 1860-talet var det bekant, att man genom att inleda en serie korta strömmar i en kondensator kunde återgifva toner. En sådan kondensator — *sångkondensatorn* — är anordnad på vanligt sätt med tvenne från hvarandra isolerade beläggningar, hvardera bestående af ett antal stanniolblad. Bringar man nu medelst tvenne ledningar båda beläggningarna i telefonisk förbindelse, t. ex. med något musikinstrument, börja stanniolbladen vibrera med ytterst små rörelser, och tonerna återgifvas, om än med en något »pipig» stämma.

Såsom förut är omnämndt, sysselsatte sig Elisha Gray med utarbetandet af en telefon, samtidigt med det Bell gjorde sin epokgörande uppfinning. Såsom afsändningsapparat begagnade Gray en elastisk hinna, från hvars midt nedhängde en smal metallstaf i ett kärl med vatten eller med någon annan vätska af stort motstånd. Då hinnan försattes i vibration, kom metallstafven att växelvis höjas och sänkas i vätskan, hvarigenom beröringsytan dem emellan ständigt undergick förändringar. Då en elektrisk ström inleddes genom metallstången till vätskan och därifrån vidare, uppkommo i strömkretsen undulatoriska strömvibrationer, beroende på förändringar af motståndet för strömmen i nämnda beröringsyta, och hvilka vibrationer motsvarade hinnans svängningar. Mottagningsapparaten utgjordes af en elektromagnet, framför hvilken var spänd en hinna, försedd med ett ankare af mjukt järn. Gray var sålunda med sin mottagningsapparat ganska nära Bell-telefonens konstruktion. Han hade endast behöft utbyta hinnan med dess ankare mot en hinna af järnbleck! Sådan Grays telefon nu var, öfverträffades den emellertid och utträngdes snart af Bells långt fullkomligare apparat.

Edison har uppfunnit en egendomlig elektrokemisk telefon. Ljudskifvan *d d* (fig. 597) är af glimmer, omkring 8 cm. i diameter och uppbär i sin midtpunkt en lamellfjäder *b*, försedd med ett platinableck *p*, som genom fjäderkraften tryckes mot en cylinder *c*, sammansatt af kalk, kalihydrat och kvicksilfveracetat och hvilken ständigt hålles fuktad. Cylindern kringvrides, t. ex. af ett urverk, med jämn hastighet, hvarvid platinablecket släpar å cylindern. Genom friktionen kommer glimmerskifvan att något bukta sig, mera eller mindre alltefter friktionens storlek. Om nu en elektrisk ström ledes genom beröringsstället mellan cylindern och blecket, så att den förra står i förbindelse med den positiva polen, det senare med den negativa, kommer friktionen i öfverraskande grad att minskas, elektriciteten så att säga »smörjer» friktionsstället. En ström af motsatt riktning ökar däremot friktionen. Är strömmen icke konstant utan af växlande styrka och riktning, kommande t. ex. från en telefonisk transmitter, uppstå oupphörliga ändringar af friktionen, och glimmerskifvan kommer därigenom att intaga motsvarande ställningar, eller med andra ord den vibrerar i full öfverensstämmelse med de inkommande telefonströmmarna. Det återgifna ljudet blir därvid ganska starkt, så att det kan höras öfverallt i en stor sal, men artikulationen är mycket otydlig. Denna sinnrika apparat kan gifvetvis endast begagnas som receptor och har som sådan funnit något användande i England och Amerika under benämning *elektromotograf*.

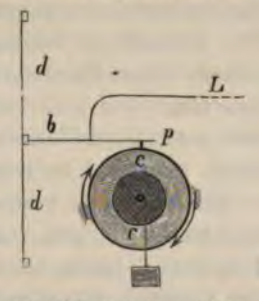


Fig. 597. Edisons telefon.

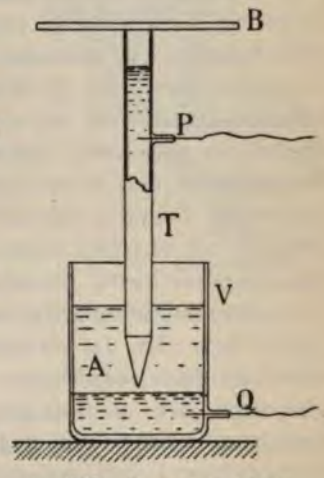


Fig. 598. Bréguets telefon.

Bréguets telefonkonstruktion är grundad på det egendomliga samband, som finnes mellan den elektriska strömmen och kapillarkraften. Glaskärlet *A* (fig. 598) innehåller något kvicksilfver och där ofvanpå ett lager syrehaltigt vatten. *T* är ett smalt glasrör, till största delen fylldt med kvicksilfver och hvars spets icke fullt når kvicksilfret i

kärlet. I rörets öfversta del finnes ett luftrum, tillslutet af ett membran B. P och Q äro två platinatrådar, som genomgå röret och glaset och sålunda äro i kontakt med kvicksilfret. Då en elektrisk ström ledes genom apparaten, kommer kvicksilfret i röret att ställa sig olika högt alltefter strömspänningen. Äfven den svagaste ström åstadkommer en sådan verkan. För strömmen från en telefontransmitter kommer kvicksilfverytan att ömsevis höja och sänka sig, den vibrerar, och dessa vibrationer meddela sig genom luften ofvanför kvicksilfret till membranet, hvilket härigenom sättes i svängningar och återgifver det framför transmittern alstrade ljudet. Men detta gäller äfven omvändt. Talar man i närheten af membranet, B, försättes kvicksilfverytan i röret uti vibration, och härigenom alstras i ledningen en undulatorisk elektrisk ström, tillräckligt stark att, om den inledes i en annan sådan telefonapparat, där återgifva orden. Bréguets telefon kan således användas både som transmitter och receptor.

Detta är äfven förhållandet med en apparat af samma slag, ehuru af helt olika anordning, konstruerad af Chr. Lovén. Ingendera af dessa apparater har emellertid ännu kunnat göras praktiskt användbar.

Man har äfven försökt att för telefonering begagna den elektriska strömmens värmeverkningar. Så har Preece anordnat en hörtelefon, som består endast af en mycket fin platinatråd, spänd mellan ett stöd och ett membran af papp, trä e. d. Om strömmen från en telefontransmitter ledes genom platinatråden, förändras dennas temperatur i hvarje ögonblick, beroende af växlingarna i strömstyrkan, och tråden förlänges och förkortas oupphörligt. Dessa längdvibrationer meddela sig åt membranet, som återgifver ljudet, visserligen svagt men med tydlig artikulering.

Försök med en transmitter, grundad på liknande princip, verkställdes af professor G. Forbes. En fin platinatråd insattes i en ledningskedja med så starkt batteri, att tråden hölls rödglödande. Då man talade i närheten af tråden, undergick dennas temperatur och därmed äfven dess elektriska ledningsmotstånd undulatoriska förändringar, beroende på ljudvågorna i luften, som kommo i beröring med tråden. Strömstyrkan i ledningskretsen varierade följaktligen på motsvarande sätt, och dess variationer öfverfördes medelst en liten transformator till en sekundär ledningskedja, försedd med en hörtelefon, som då återgaf talet.

Af alla de många olikartade apparater, som konstruerats för ljudets telefoniska öfverförande, är det emellertid endast Bells telefon, och de med denna besläktade, samt *mikrofonen* i olika former, som i det praktiska lifvet vunnit någon betydelse. Det är först efter uppfinningen af sistnämnda apparat, hvarom vi nu gå att tala, som telefonen nått den fulländning och den enastående utbredning, som den för närvarande har.

Mikrofonen.

Vid beskrifningen af Bells telefon anmärktes, att denna är användbar äfven för talljudens mottagande och omsättande till elektrisk ström. Liksom dynamomaskinen kan tjänstgöra både som elektricitetsgenerator och som motor, kan äfven en sådan telefon användas både som transmitter och som receptor.

Det erfordras emellertid icke mycken eftertanke för att inse, att af den energimängd, som alstras vid talet, endast en ytterst ringa bråkdel därvid framkommer

till åhöraren vid ledningens andra ändpunkt. Först och främst är det endast en del af ljudvågorna, som träffar transmitterns membran, och genom dess vibrationer går mycket af energien förloradt. Ytterligare förluster uppstå vid dessa vibrationers transformering till elektricitet, vid öfvervinnandet af ledningsmotståndet samt vid elektricitetens omsättande till membransvängningar i mottagningstelefonen. Energimängden undergår sålunda en upprepad minskning, och det är endast till följd af sin ytterst känsliga inrättning, som örat förmår, äfven på milslånga afstånd, uppfatta orden i telefonen.

Det dröjde icke länge efter uppfinnandet af Belltelefonen, förrän man insåg nämnda olägenhet hos denna apparat och försökte konstruera en transmitter, lämplig att använda i förening med Bells telefon som mottagare.

Redan år 1877 framställde Edison ett förslag till en dylik transmitter, som han efter hand alltmer förbättrade. Denna transmitter grundar sig på det af du Moncel först iakttagna förhållandet, att ledningsmotståndet hos tvenne ledare i kontakt med hvarandra vid växlande tryck förändras på det sätt, att motståndet minskas i samma mån trycket ökas, och tvärt om. Detta förhållande blir i synnerhet märkbart, om den ena ledaren utgöres af kol.

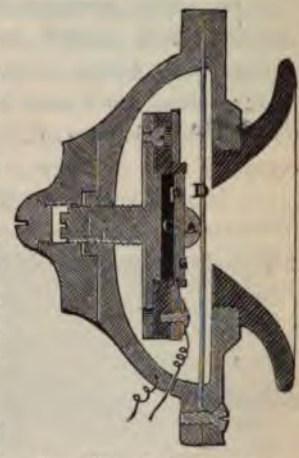


Fig. 599. Koltransmitter.

Edisons koltransmitter framställes i fig. 599. *C* är en rund skifva af särskildt prepareradt kol, hvilande å ett underlag af metall samt omsluten af en isolerande ring. På kolskifvan ligger ett platinableck *P*, försedt med en liten elfenbensknapp *A*, som stöder mot membranet *D*. Strömmen från ett litet batteri om ett par staplar ledes till platinablecket och genom kolskifvan till metallunderlaget, hvilket genom en ställskruf kan injusteras på lagom afstånd från membranet. Vid membranets svängningar förändras trycket å kolskifvan i hvarje ögonblick, och genom de häraf alstrade variationerna i motståndet uppkomma strömvibrationer, motsvarande ljudvågorna. En i ledningen insatt hörtelefon kommer således att återgifva det af transmittern uppfångade ljudet.

Fig. 600. Metallstiftmikrofon.

Det var emellertid ej Edison förbehållet att bringa denna apparat till den fullkomning, som den sedermera erhållit. Äran häraf tillkommer professor Hughes, den berömde uppfinnaren af den efter honom benämnda bokstafstrycktelegrafen. Professor Hughes förevisade i maj 1878 en af honom uppfunnen apparat, som han själf benämnde *mikrofon* och hvars verkan beror på motståndsvariationerna i *lösa kontakter*. Mikrofonen grundar sig på samma princip som Edisons koltransmitter, endast med den skillnad, att i mikrofonen trycket i den verksamma beröringsytan hålles ytterst svagt, närmande sig noll. Genom talrika experiment hade Hughes funnit, att han därigenom fick den bästa möjliga verkan. Likasom mikroskopet kan göra ytterst små ting synliga för ögat, förmår mikrofonen förstärka äfven det obetydligaste ljud, så att det kan af örat uppfattas.

En af de första och enklaste formerna af mikrofonen framställes i fig. 600. Två små metallstift ligga på obetydligt afstånd från hvarandra å ett isolerande under-

lag, t. ex. ett vanligt träbord, och äro hvar för sig medelst ledningstrådar förenade med polerna af ett litet batteri B; mellan X och Y antages en vanlig hörtelefon vara insatt. Ledningskedjan slutes genom att ett likadant stift lägges tvärs öfver de båda första, hvarvid i beröringspunkterna mellan stiften just uppkomma tvenne lösa kontakter. Man behöfver nu ej mer än hviska i närheten af stiften eller blåsa på dem eller skrapa på bordet: hvarje ljud, som träffar stiften, förnimmes genast i hörtelefonen.

Mycket fullkomligare verkar Hughes' mikrofon i en senare form (fig. 601). Vid en lodrät resonnansbotten af trä äro midt öfver hvarandra fästade tvenne kolstycken, $B\,B$, mellan hvilka är inpassad en i båda ändar tillspetsad liten stång D af retortkol. Denna stång stöder endast helt löst mot kolstyckenas urholkningar och bildar sålunda med dem lösa beröringspunkter, hvilka ingå i ledningen jämte batteriet E och hörtelefonen T. Resonnansbottnen är fäst å ett horisontalt underlag, som likväl ej visas å bilden.

Den så anordnade mikrofonen är till ytterlighet känslig. Den omsätter till strömvibrationer icke endast toner och ord, så att de tydligt kunna uppfattas i hörtelefonen; äfven de svagaste ljud blifva hörbara med mikrofonens hjälp. Om en bomullstuss

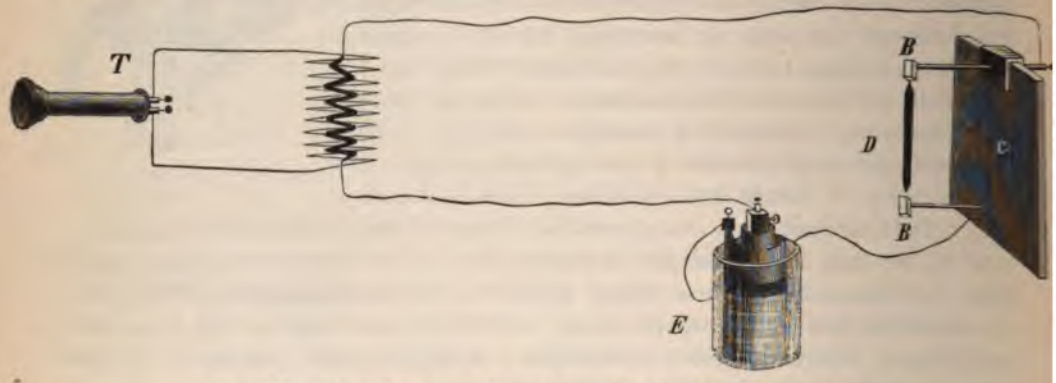


Fig. 601. Telefonledning med stapel samt Hughes' kolstiftmikrofon.

får falla på underlaget eller om man lätt slår till det med en fjäder, framkallas starkt ljud i hörtelefonen; t. o. m. fotstegen af en fluga, som spatserar på resonnansbottnen, blifva tydligt förnimbara. Det är likväl endast *svaga* ljud, som af mikrofonen förstärkas. Starkare ljud återgifvas med sin ursprungliga styrka eller försvagade.

Genom den dallring, hvari skifvan C och sålunda äfven kolstången af ljudvågorna försättas, ändras i hvarje ögonblick läget af kolspetsarna i urholkningarna. Enligt den förklaringsgrund, som Hughes själf uppgaf, kommer härigenom kontaktytornas storlek att oupphörligt variera, hvarvid ett större eller mindre antal molekyler erbjuda väg för strömmens genomgång. Ledningsmotståndet växlar således oupphörligt, och detta gifver upphof åt undulatoriska strömmar, som motsvara ljudvågorna. Resonnansbottnen tjänar endast att upptaga dessa vågor och förstärka deras verkan å kolstången.

På samma sätt kan man äfven förklara, hur Edisons transmitter verkar. Genom variationerna i trycket åstadkommas äfven förändringar i beröringsytan mellan platinablecket och kolskifvan, huru noga dessa än passa intill hvarandra. Sannolikt är också, att det icke är tryckvariationerna i och för sig, som åstadkomma den afsedda effekten, utan fastmer ändringarna i antalet genomgångspunkter för strömmen.

Emellertid är frågan om mikrofonens verkningssätt ännu ej fullt utredd, oaktadt mycket arbete nedlagts på undersökningar af saken. Så mycket torde vara visst, att äfven värmefenomen därvid uppträda och göra sig gällande.

Många försök hafva gjorts att ersätta kolet med något ännu bättre ämne, dock hittills utan resultat. Kolet lämpar sig också synnerligen väl för ändamålet; det syrsättes ej vid vanlig temperatur, dess ledningsmotstånd är ganska stort och ökas ej vid uppvärmning, såsom fallet är med metallernas.

Grundprincipen i Hughes' mikrofon återfinnes i alla senare apparater af detta slag. Dessa hafva afsett dels att höja ljudstyrkan, dels att förbättra artikulationen. I den mån dessa båda egenskaper bero af mikrofonens konstruktion, betingas de emellertid af omständigheter, hvilka till viss grad äro hvarandra motsatta. Stor ljudstyrka kräfver minsta möjliga tryck uti mikrofonkontakterna, men i samma mån som detta tryck minskas, försämras artikulationen. Göres trycket så litet, att afbrott i kontakterna uppkommer under vibrationerna, då blir artikulationen alldeles förstörd och man hör endast ett bedöfvande rassel.

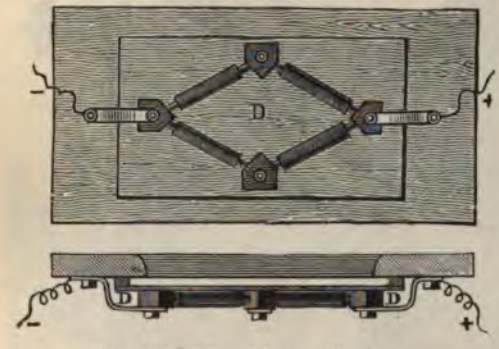


Fig. 602. Crossleys mikrofon.

Fig. 603. Aders mikrofon.

De i praktiskt bruk använda mikrofonerna kunna hänföras till tvenne kategorier, nämligen dels sådana, som innehålla blott ett fåtal solida kolstycken, dels sådana, där många kolkorn äro inlagda mellan tvenne större kolstycken. För öfrigt är i många mikrofoner af båda kategorierna kolet på ena sidan i de verksamma kontakterna utbytt mot någon ädel metall, vanligast guld eller platina.

Vi skola här något närmare beskrifva några af de mest begagnade mikrofonkonstruktionerna, hufvudsakligen sådana, som äro af mera typisk form eller som förete några särskildt framträdande egendomligheter.

Crossleys mikrofon (fig. 602) är endast föga skiljaktig från Hughes' konstruktion. Den har fyra kolstänger i nära vågrätt läge, hvilkas afsvarfvade ändar äro löst inpassade uti de fyra stödstyckenas urholkningar. Dessa stöd, äfvenledes af kol, äro fästa vid resonnansskifvan *D*. Strömmen ledes i tvenne grenar genom kolstängerna och de åtta lösa kontakterna.

Närbesläktad med denna konstruktion är Aders mikrofon, som vunnit vidsträckt användning särskildt i Frankrike. Kolstängerna, vanligast tio till antalet, ligga horisontalt i fem rader och uppbäras af tre parallela kolstycken (*B*, *C* och *D*, fig. 603), fastsatta å den äfven horisontala ljudskifvan, som är af tunt trä. Strömmen inkommer genom ett af kolstöden och genomgår i fem grenar kolstängerna och kontakterna. Aders mikrofon har framför Crossleys den fördelen, att några af de

lösa kontakterna befinna sig midt på ljudskifvan, där vibrationsrörelsen är kraftigast och sålunda bäst kan göra sig gällande i kontakterna. En för dem båda gemensam olägenhet är emellertid, att ljudskifvan med kolstängerna måste ligga vågrätt, på det att trycket i kontaktpunkterna må blifva väl afpassadt och jämnt fördeladt. Detta läge gör, att den talande måste vid apparatens användande böja hufvudet. Då det emellertid är betydligt bekvämare att tala mot en vertikal ljudskifva, i höjd med munnen, har man konstruerat mikrofoner med sådan anordning. Ett exempel därpå är de Jonghs mikrofon (fig. 604). På ljudskifvan sitta, i två lodräta rader, några små kolplattor; hvarje rad står i ledande förbindelse med den ena af ledningstrådarna till mikrofonen. De lösa kontakterna bildas genom små horisontala kolstänger, som förena två plattor, en i hvarje rad, och själfva hvila på snedt inslagna mässingsstift.

Enklare och mera ändamålsenlig är en mikrofon af Mix & Genest i Berlin, hvilken mycket användes i tyska rikspostverkets telefonapparater. Å membranet äro fastsatta tvenne kolstycken *bb* (fig. 605 och 606), inbördes förenade genom små

Fig. 604. de Jonghs mikrofon.

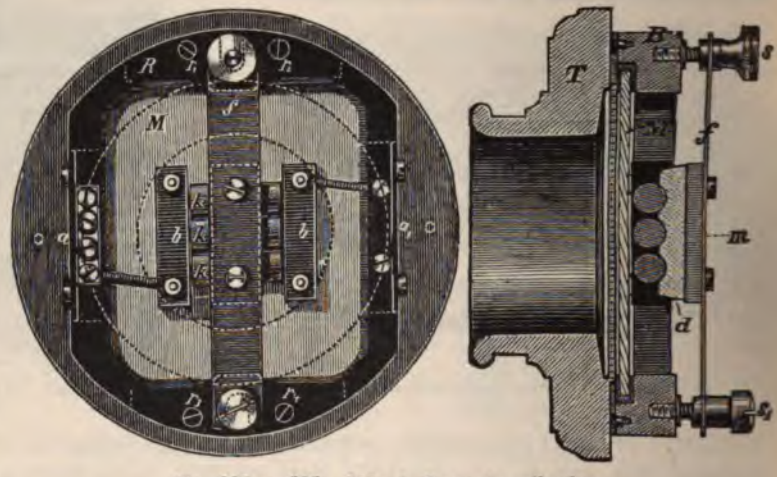


Fig. 605 o. 606. Mix & Genests mikrofon.

kolcylindrar på samma sätt som i Aders mikrofon. Genom en fjädrande filtkudde *m* tryckas cylindrarnas tappar mot tapphålen i kolstyckena *bb*. Trycket kan regleras medelst en justerbar fjäder *f*.

I *Sverige* användes under någon tid rätt mycket en kolstångsmikrofon, konstruerad af L. M. Ericsson i Stockholm. De lösa kontakterna i denna mikrofon bildas af sex stycken små mässingsstafvar, hvilkas öfre ändar äro försedda med förlängningar af kol och hvila mot en smal kolstång å den vertikala ljudskifvan, hvaremot de nedre ändarna stöda mot hvar sin platinaspets.

I de nu beskrifna mikrofonerna finnas *flera* kontakter, hvilka liktidigt och på samma sätt påverkas af det vibrerande membranet. Andra mikrofonkonstruktioner hafva blott *en enda* kontakt, vid membranets midt, således i centrum för vibrationsrörelsen. Detta är i så måtto fördelaktigare, att membranet blir mindre belastadt och sålunda mera obehindradt kan meddela sina svängningar åt kontakten.

Den äldsta mikrofonen af detta slag är konstruerad af Berliner. På membranet (fig. 607) sitter en liten rund kolplatta *c*, mot hvars polerade yta trycker ett afrundadt kolstycke *k*, hvilket är fäst vid den rörliga metallskifvan *b*. Strömmen går

från membranet genom kolplattan och kolcylindern till nämnda skifva och vidare. Vid ljudskifvans svängningar varierar trycket i kontaktytan, hvarigenom motsvarande förändringar i strömmens styrka uppkomma.

Ännu känsligare än denna inrättning är Blakes mikrofon (fig. 608). Dess ljudskifva har alls ingen belastning. Mot dennas midt anligger helt löst en liten platinahammare, hvars skaft utgöres af en mjuk fjäder *c;* hammarens motsatta sida hvilar mot den polerade ytan af en kolplatta, insatt i metallstycket *gh*, som af fjädern *d* tryckes mot platinahammaren. Genom bygelarmen *F* och skrufven *G* regleras trycket i beröringsytorna mellan membranet, hammaren och kolplattan. Fjädrarna *c* och *d* äro inbördes isolerade och ingå båda i ledningen för strömmen på dess väg genom den verksamma kontakten mellan hammaren och kolplattan. Blakes mikrofon är en bland de allra mest använda och har äfven i Sverige varit mycket begagnad, ehuru den numera undanträngts af nyare konstruktioner.

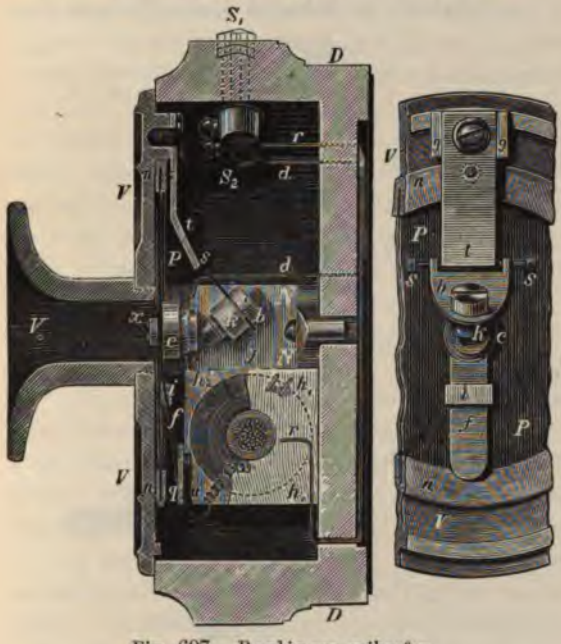


Fig. 607. Berliners mikrofon.

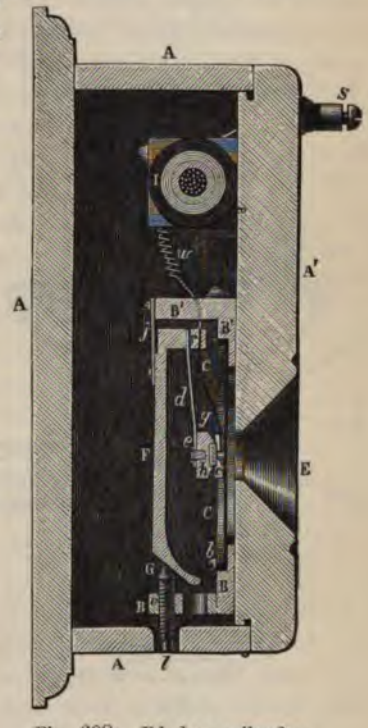


Fig. 608. Blakes mikrofon.

L. M. Ericsson har konstruerat en mikrofon af egendomlig inrättning (fig. 609), som under 1880-talet var mycket i bruk å telefonapparater i Sverige. Midt på det horisontala membranets undersida sitter en tunn kolplatta, mot hvilken en liten platinabelagd mässingsstång trycker. Denna fortsättes af ett stift *n*, som nedgår i en isolerad metallhylsa och hvars nedre ände är försedd med ett litet kolstycke, hvilket stöder mot en platinerad mässingscylinder, hvilande på en spiralfjäder. Medelst en under mikrofonen anbragt skruf kan cylindern höjas eller sänkas och trycket i kontaktytorna vid mikrofonstångens båda ändar således regleras. Apparatens verkningssätt inses lätt af det föregående. Ljudtratten är böjd framåt för att bättre uppfånga ljudvågorna och göra apparatens användande bekvämare.

Den form af mikrofonen, som mest användes i den nutida telefonien, är den s. k. *kolkornsmikrofonen*. Dess principer angåfvos först af Hunning, hvars trans-

mitter i sin äldsta form visas å fig. 610. I en dosa af trä ligga parallelt och något skilda från hvarandra en kolplatta och ett platinableck, hvilket senare tjänstgör som membran. Mellanrummet fylles af små kolkorn. Då man talar i munstycket, kommer membranet i vibration och utöfvar därvid ett starkare eller svagare tryck mot kolkornen, hvarigenom motståndet för strömmens öfvergång från platinablecket till kolplattan äfven förändras. Kolkornsmikrofonen verkar sålunda på alldeles samma sätt som de förut beskrifna mikrofonerna. Den enda skillnaden är, att den förra har en mängd lösa kontakter, utbredda öfver hela ljudskifvan eller en viss del däraf.

Såsom representant för de nutida kolkornsmikrofonerna kan tjäna den, som konstruerats af L. M. Ericsson & C:o (fig. 611) och hvilken för närvarande allmännast begagnas i Sverige. Kontaktdelarna ligga i en mässingsdosa, som framtill öppnar sig i en ljudtratt och baktill är utdragen i en cylindrisk tapp.

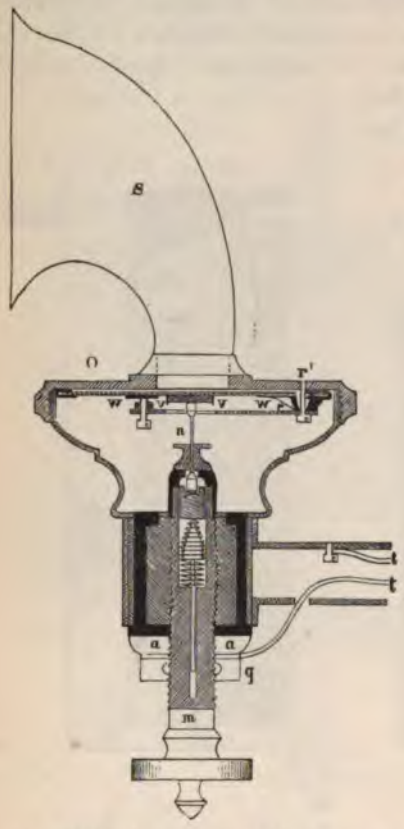


Fig. 609. L. M. Ericssons mikrofon.

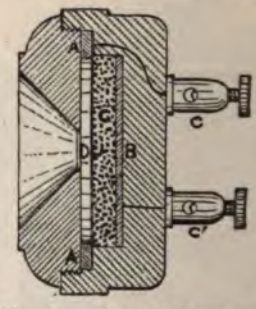


Fig. 610. Hunnings kolkornsmikrofon.

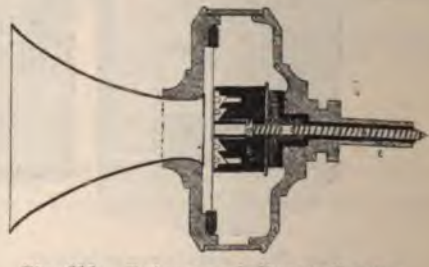


Fig. 611. Ericssons kolkornsmikrofon.

Ljudskifvan är af tunt järnbleck och inre sidan i midten belagd med ett platinableck, försedt med små upphöjningar eller spetsar, som bilda två koncentriska kretsar. Denna ljudskifva står i ledande förbindelse med omslutningsdosan och bildar mikrofonens ena elektrod. Den andra utgöres af kolcylindern k, från hvilken ledningen utåt förmedlas af mässingsstycket a samt skrufven b, bådadera genom ebonitmellanlägg isolerade från omslutningsdosan. Kolcylindern k omslutes af en filthylsa, hvars främre kant ligger an mot ljudskifvan. Rummet mellan dennas platinabeklädnad och kolcylinderns främre yta är till ungefär tre fjärdedelar fylldt med finkornadt antracitkol. Beröringspunkterna mellan kolkornen samt mellan dessa och elektrodernas ytor bilda de verksamma kontakterna. För att dessa beröringspunkter skola göra tjänst på bästa möjliga sätt, är det af synnerlig vikt att hindra kolkornen från att

packa sig. Och detta afses genom platinableckets spetsar samt de mot dem svarande spetsvinkliga rännorna i kolcylinderns främre del. På dessas skarpa åsar lagra sig kolkornen samt kunna lätt undanskjutas. Dessutom finnas nära kolcylinderns ytterkant ett antal borrhål, sträckande sig till dennas halfva tjocklek och hvilka kunna tjäna som samlingsplatser för kolkornen eller det kolstoft, som möjligen kan hafva bildat sig, efter det mikrofonen en längre tid varit i bruk. I kolcylinderns midt finnes slutligen en vid kanal, sträckande sig helt igenom och afsedd för den skruf *v*, med hvilken cylindern är fäst vid mässingsstycket *a*. Uti den främre delen af denna kanal ligger en kautschukslang, som äfven berör ljudskifvan och dämpar hennes vibrationer, så att dessa bättre komma att svara mot de af talet frambragta ljudvågorna.

Mikrofonen är på telefonapparaten fäst i en hylsa, uti hvilken tappen *t* passar in och fasthålles af en utifrån åtkomlig skruf. Genom nämnda hylsa förmedlas alltså ledningen utåt ifrån ljudskifvan. Mikrofonens andra elektrod, kolcylindern *k*, får sin ledning utåt genom en lamellfjäder, hvars ände ligger an emot spetsen af skrufven *b*. Sålunda anordnad kan mikrofonen följaktligen vridas kring tappen *t*. Skulle nu inträffa, att mikrofonen icke gör tjänst som sig bör och man därför har anledning att misstänka, att kolkornen något packat sig eller annars placerat sig på ett för telefoneringen ofördelaktigt sätt, så afhjälpes felet därigenom, att mikrofonen kringvrides ett halft hvarf. Detta kan ske t. o. m. under pågående samtal. Därjämte kan det vara fördelaktigt att efter vridningen sätta mikrofonen i lindrig skakning t. ex. genom att sakta knacka på densamma eller genom att i taltratten utstöta några skarpa ljud. Någon annan justering än denna är icke erforderlig.

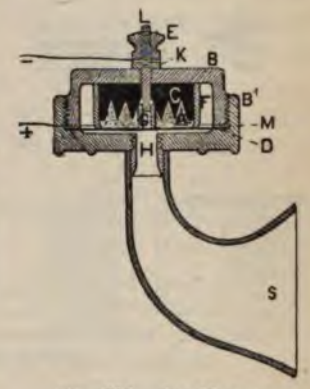


Fig. 612. Berliners universaltransmitter.

En erkändt god-kolkornsmikrofon är äfvenledes Berliners s. k. »*Universaltransmitter*» (fig. 612), som i sin anordning mycket liknar Ericssons nyss beskrifna mikrofon. Men membranet ligger vågrätt och med kolkornen öfver sig, utfyllande mellanrummet mellan membranet och kolcylindern *C*.

I Amerika användes mycket en form af kolkornsmikrofonen, kallad »*Solid back*» transmittern, som visat sig arbeta särdeles väl vid telefonering å mycket långa ledningar. I allmänhet lämpa sig kolkornsmikrofonerna, af hvilka numera ett stort antal olika konstruktioner finnes, bäst för detta ändamål, och de hafva därför alltmer undanträngt de äldre afsändningsapparaterna.

Mikrofonströmmens transformering. Vi hafva hittills antagit, att mikrofonen och hörtelefonen ingå i samma strömkrets. Det inses lätt, att den styrka, hvarmed strömvariationerna göra sig gällande i hörtelefonen, i hög grad beror af ledningsmotståndet i strömkretsen. Skulle detta motstånd t. ex. vara endast 100 ohm och motståndsförändringarna i mikrofonen belöpa sig till ett par ohm, så blifva strömvariationerna jämförelsevis stora i förhållande till medelströmstyrkan — $\frac{2}{100}$ däraf — och kunna därför tydligt uppfattas i hörtelefonen. Men om strömkretsens motstånd växer t. ex. till 1,000 ohm, då blifva variationerna relativt mindre, ty motståndsändringarna i mikrofonen äro ungefär desamma; det nyss antydda förhållandet skulle då blifva endast $\frac{2}{1000}$. Det skulle därvid föga båta att öka strömvariationernas

absoluta storlek genom att använda ett starkare batteri; deras förhållande till medelströmstyrkan blefve i alla fall detsamma.

För att afhjälpa denna olägenhet insätter man (fig. 613) mikrofonen i en lokal ledningskedja med ringa motstånd, i hvilken jämte mikrofonbatteriet är inkopplad den primära lindningen af en induktionsrulle. Samma rulles sekundära lindning — med stort motstånd — ställes i förbindelse med ledningen till hörtelefonen och sålunda äfven med dennas trådspiral. Strömvariationerna i mikrofonen och den primära lindningen tranformeras i induktionsrullen, så att motsvarande strömvågor uppkomma i den sekundära lindningen. Dessa framgå genom ledningen till hörtelefonen, som återgifver det af mikrofonen uppfångade ljudet.

Induktionsrullen, som härvid tjänar till transformator, är af mycket enkel inrättning. Den utgöres af en spole af isolerande ämne, vanligen omkring 5 à 8 cm. lång, hvars inre lindning består af jämförelsevis grof, silkeöfverspunnen koppartråd i ett par hundra hvarf, och den yttre af mycket fin tråd i bortåt två tusen hvarf. Kärnan utgöres af ett knippe fina järntrådar. Ledningsmotståndet i den primära lindningen utgör endast ett fåtal ohm, hvadan hela motståndet i mikrofonens lokalkedja blir jämförelsevis obetydligt. Strömvariationerna i denna ledning blifva af denna orsak ganska afsevärda och verka därför kraftigt inducerande i induktionsrullen. I sekundärlindningen är motståndet däremot stort, flera hundra ohm, och såsom en följd häraf blifva dennas induktionsströmmar svaga men spänningen så mycket högre. Dessa strömmar blifva därigenom i stånd att öfvervinna äfven ett stort motstånd i yttre ledningen och likväl framkomma relativt oförsvagade till hörtelefonen. Äfven bör märkas, att medan strömvariationerna i mikrofonen och primärlindningen endast utgöras af förstärkningar och försvagningar af en ström med oförändrad riktning, så variera de inducerade strömmarna i den sekundära ledningen både med afseende på styrka och riktning. Deras inverkan på hörtelefonens membran blifver därigenom så kraftig som möjligt. Telefonströmmar, som uppkomma på detta sätt, blifva i själfva verket alldeles likartade med de strömmar, som alstras då en vanlig hörtelefon användes som transmitter, dock under motsvariga förhållanden flera gånger starkare.

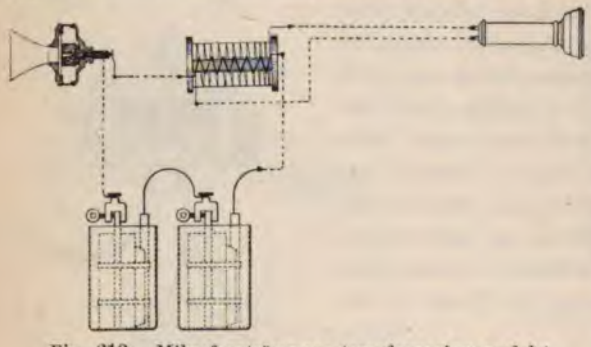


Fig. 613. Mikrofonströmmens transformering medelst induktionsrulle.

Den nu beskrifna anordningen begagnades redan uti Grays musikaliska telefon; men det var Edison, som först införde densamma i den egentliga telefonien, och då i förening med sin koltransmitter. Numera användes induktionsrulle i förening med mikrofonen uti de allra flesta i praktiskt bruk varande telefonapparater. Den finnes ock, såsom af bilderna synes, i Blakes och Berliners telefonapparater.

Hjälpanordningar m. m. vid telefonapparater. Vid telefonering är det emellertid icke nog att kunna *samtala* på afstånd, man måste äfven på något sätt från sin egen telefon kunna gifva lystringssignal åt den person, man önskar tala med. För detta ändamål har man användt flera olika inrättningar. Då hör-

telefonen äfven begagnas som transmitter — hvilket ju i början var förhållandet och ännu ofta är det vid mycket korta ledningar —, kan det någon gång icke behöfvas mer än ett anrop i telefonen, för att ljudet i den andra telefonen skall väcka uppmärksamhet. Bättre är likväl att använda något instrument, som gifver kraftigt ljud. Vid Siemens' förut beskrifna hörtelefon, som särskildt är konstruerad för att användas äfven som transmitter, begagnades för signaleringen en liten trumpet, hvars öppning hölls omedelbart framför membranet. För att ytterligare stärka ljudet fanns inuti trumpeten en liten hammare, som berörde membranet och som i hastig takt slog därpå, då man blåste i trumpeten. Härvid uppkom ett skarpt ljud, som äfven vid långa afstånd gaf sig till känna i den andra telefonen. — Gower hade äfven vid sin telefon en likartad inrättning, som satte membranet i kraftiga vibrationer, då man blåste i hörröret.

Vill man signalera på långa ledningar eller åstadkomma kraftigare anrop, begagnar man den *elektriska ringklockan* i en eller annan form. Till en början använde man en vanlig galvanisk klocka, sådan som brukas för ringledningar etc. Hvarje fullständig telefonapparat var då försedd med en sådan ringklocka för att *mottaga* en ankommande lystringssignal samt med en kontaktinrättning, t. ex. en

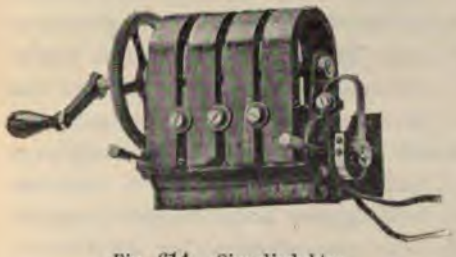


Fig. 614. Signalinduktor.

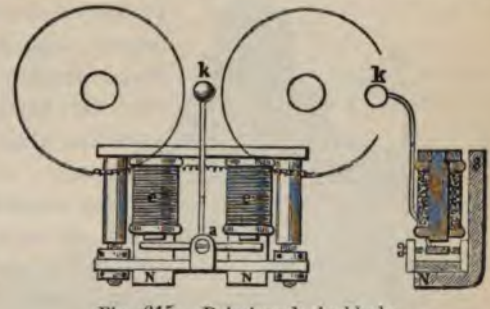


Fig. 615. Polariserad ringklocka.

tryckknapp, jämte tillhörande batteri för att *afgifva* signal. Vid korta ledningar kunde mikrofonbatteriet användas för detta ändamål. Såsom afsändningsapparat vid dylik telefonsignalering använder man numera nästan alltid en liten växelströmsgenerator, en s. k. *induktor*, ursprungligen konstruerad af Siemens (sid. 35, 36), samt såsom mottagningsinstrument en polariserad ringklocka. Signalinduktorn, sådan den användes inom telefonien (fig. 614), utgöres af en järncylinder, å två motsatta sidor försedd med rännor, hvilka äro fyllda med en enda fin isolerad koppartråd, upplindad i ett stort antal hvarf. Cylindern kan medelst kugghjulsutväxling och vef sättas i hastig rotation. Öfver cylindern och nästan omslutande honom med sina polstycken finnas tre till fyra kraftiga stålmagneter. Vid cylinderns kringvridning induceras elektrisk ström i lindningen, hvilken står i förbindelse med yttre ledningen. För hvarje omloppshvarf uppkomma två strömmar, af motsatt riktning. Vanligen finnes en automatisk *förbistängare*, som vid stillastående kortsluter lindningen men öppnar den, så snart induktorn sättes i rotation. Därigenom vinnes fördelen, att det stora motståndet i lindningen ej är inne i ledningen för inkommande signalström. Eller också står, såsom å den här afbildade signalinduktorn, lindningen på afbrott, så länge induktorn är i hvila, men slutes automatiskt, när den sättes i rotation.

En polariserad ringklocka, sådan som användes vid våra svenska telefonapparater, visas i fig. 615, där *e e* utmärker en dubbel elektromagnet, hvars järn-

kärnor hållas magnetiska, polariserade af tvenne vinkelböjda stålmagneter NN. Kläppen k är fäst å ett ankare, som hänger å två motstående spetsar vid a. Elektromagneterna äro så lindade, att en ström af viss riktning kastar ankaret öfver åt ena hållet, hvarvid kläppen slår ett slag å klangen vid motsvarande sida; en ström af motsatt riktning kastar ankaret med kläppen åt andra sidan. Båda elektromagnetrullarna samverka därvid, så att dessa rörelser kunna ske mycket hastigt. Då de växlande strömstötarna från en induktor ledas genom en sådan ringklockas trådlindning, kommer kläppen i hastig vibrering och en kraftig signal ljuder från klockan. Signalklockan är i allmänhet så inkopplad, att den ringer jämväl för utgående signalström.

Gifvetvis bör man ställa så till, att samma ledning kan användas så väl för signaleringen som för själfva telefoneringen; det skulle oftast medföra alltför stora kostnader att hafva olika ledningar för dessa båda ändamål. Man kombinerar därför med telefonapparaten en omkastare, så inrättad, att då den står i ett visst läge, signalinrättningen är inkopplad och talinrättningen ute ur ledningen, och tvärt om, då omkastaren står i motsatt ställning. För detta ändamål använder man vanligast den hållare, hvari hörtelefonen hänges, då den ej begagnas. Därigenom vinnes den fördelen, att omkastningen sker automatiskt, utan att man för hvarje gång särskildt behöfver tänka därpå; man riskerar då ej heller att glömma af det. Då hörtelefonen hänger i sin klyka och telefonapparaten alltså icke begagnas, är signalinrättningen inne i ledningen, så att apparaten är redo att upptaga en möjligen inkommande signal äfvensom att själf afgifva en sådan, då samtal önskas *från* densamma. Så snart hörtelefonen aflyftes, höjes klykan genom en fjäder, och telefonen är inne i ledningen. Klykan har därjämte en annan uppgift, nämligen den att hålla mikrofonbatteriet slutet, då samtal pågår, och att åter frånkoppla detsamma, då samtalet upphört, på det ej batteriet må onödigtvis utmattas. Detta kan åstadkommas därigenom, att vid klykans höjning en därå befintlig isolerad knapp sammanför två små fjädrar, som ingå i mikrofonens ledningskedja.

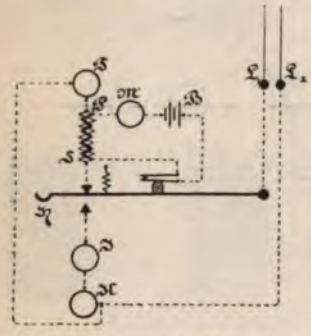


Fig. 616. Hörtelefonklyka m. m.

Den nu beskrifna omkastningsordningen framställes schematiskt å fig. 616, hvilken därjämte visar, huru de hufvudsakliga delarna af en telefonapparat kunna vara förenade med hvarandra. L_1 och L_2 äro de båda ledningstrådarna, af hvilka den ena (L_2) är satt till jorden, då enkelledning begagnas. T är hörtelefonen, M mikrofonen, I induktorn och K signalklockan. S och P beteckna induktionsrullens sekundära och primära lindningar samt B mikrofonbatteriet. Klykan H antages vara i sitt öfre läge, d. v. s. med aflyft hörtelefon, hvarvid således talinrättningen är inkopplad. I stället för att, såsom å figuren är fallet, låta klykan, då den höjes eller sänkes, *frånkoppla* den ena eller andra delen af apparaten, kan man emellertid äfven låta klykan verka som *förbistängare* och åstadkomma kortslutning. Resultatet blir tydligen detsamma. Det förra är förhållandet i Blakes telefonapparat, det senare i Ericssons, hvilka båda apparater komma att här nedan närmare beskrifvas.

För att skydda telefonapparaternas inre, ömtåligare delar mot verkningarna af atmosfärisk elektricitet plägar man förse dem med *åskledare*, hvilka dock i allmänhet äro mycket enkla. Vanligen utgöres åskledaren endast af trenne metallskifvor,

fastskrufvade vid telefonapparatens trästomme på obetydligt afstånd från hvarandra. Två af skifvorna äro förenade med hvar sin af de båda ledningstrådarna, den tredje med jorden. Skifvornas motliggande kanter äro sågtandade, i ändamål att underlätta elektricitetens öfvergång. Denna inrättning kan emellertid icke fullständigt skydda telefonapparaten mot skador genom atmosfäriska urladdningar. Den anordnas därför oftast på sådant sätt, att vid inträffande starkt åskväder alla tre skifvorna kunna förenas medelst insättande af en propp, hvarvid ledningarna ställas till jord och apparaten förbistänges.

Fig. 617. Leclanché-element för telefonapparater.

Vid hvarje telefonapparat, som är försedd med mikrofon, måste äfven finnas ett batteri, som lämnar den erforderliga strömmen genom mikrofonen. Då i allmänhet taget hvarje telefonapparat är i hvila under vida längre tid än den begagnas, måste man begagna ett sådant batteri, som icke utmattas, då det står oanvändt. Härför lämpar sig synnerligen väl Leclanchés element, hvilket också allmänt användes för ifrågavarande ändamål; i Sverige begagnas mest den form, som fig. 617 visar. Kolskifvan är innesluten mellan tvenne brunstensplattor, som motverka polarisationen inom elementet. Zinkstången är genom ett porslinsmellanlägg isolerad från kolet och brunstensplattorna. De olika delarna sammanhållas med gummiband, och det hela står i ett glaskärl med salmiak, löst i vatten. Vanligen begagnas för mikrofonbatteriet tvenne sådana element.

Fullständiga telefonapparater. Sedan de hufvudsakliga delar, af hvilka en fullständig telefonapparat består, nu blifvit beskrifna, återstår att se till, huru de lämpligast kunna förenas till ett helt. De delar, som vid telefoneringen direkt användas, böra tydligtvis vara bekvämt tillgängliga, hvaremot ömtåligare delar böra så väl som möjligt vara skyddade inom apparaten. En annan fordran är, att apparatens begagnande icke må kräfva mycken eftertanke, att allt så att säga faller af sig självt, så att apparaten kan utan någon vidare öfning användas af hvem som helst. Vi vilja nu se till, huru dessa fordringar blifvit tillfredsställda vid några af de allmännast förekommande telefonappararaterna.

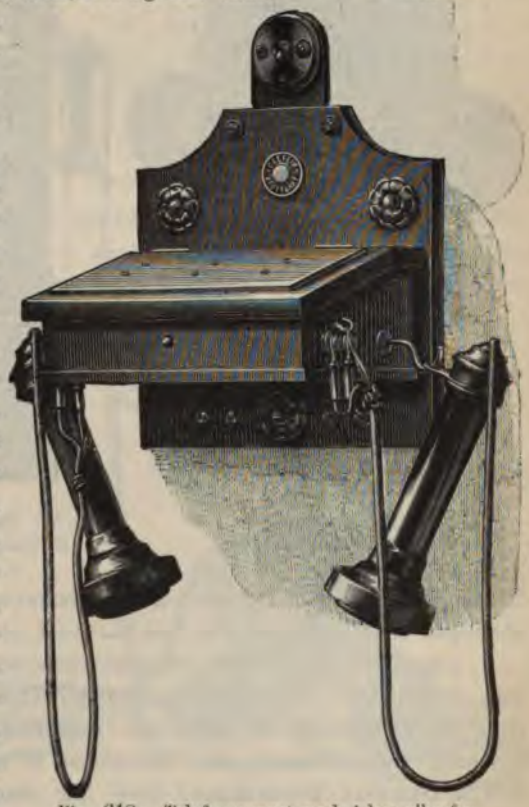


Fig. 618. Telefonapparat med Ader-mikrofon.

Vid de enklare apparaterna äro mikrofonerna helt och hållet dolda, med undantag af själfva ljudskifvan. En sådan apparat är den, som afbildas i fig. 618; den har

mikrofon af Ader-typen samt två Bells hörtelefoner. Apparaten är monterad på ett ryggbräde, som fastskrufvas vid väggen. Vänstra hörtelefonen hänger på omkastarklykan och måste således alltid aflyftas, då man vill telefonera. Den högra hörtelefonen är afsedd att begagnas, då ljudet är så svagt, att det ej kan tydligt uppfattas med endast ett öra; i de flesta fall använder man dock endast den vänstra. Den lilla pulpetens lock utgöres af en tunn träplatta och är mikrofonens ljudskifva; öfriga delar af mikrofonen jämte induktionsrullen äro inneslutna i pulpeten. Åskledaren, öfverst å apparaten, består af två runda metallskifvor, hvilka med sina refflade insidor ligga helt nära intill hvarandra. Midt under åskledaren finnes en tryckknapp för afgifvande af signalström. Under pulpeten sitta fyra klämskrufvar

Fig. 619. Telefonapparat med vertikal mikrofonmembran.

Fig. 620. Bell-Blakes telefonapparat.

Fig. 621. L. M. Ericssons telefonapparat, nyare konstruktion.

för de båda ledningarna till mikrofonbatteriet och signalbatteriet. Signalklockan anbringas under pulpeten eller ock särskildt för sig bredvid apparaten.

Fig. 619 visar tyska telegrafverkets telefonapparat, sådan den uppsättes hos dess abonnenter. Hörtelefonerna äro af Siemens & Halskes utmärkta konstruktion, en modifikation af den, som förut beskrifvits. Apparaten inneslutes i en fyrkantig låda, i hvars dörr mikrofonen är anbragt. Denna senare är vanligen af Mix & Genests konstruktion; dock har man numera börjat att i stället använda mikrofoner med kolkorn. Strax nedom ljudtratten sitter en tryckknapp för batterisignalering; under lådan framskymtar ringklockan. Å många apparater finnes nu signalinduktor i stället för batteri med tryckknapp.

En apparat, som i Sverige erhållit ganska vidsträckt användning, är Bell-Blakes (fig. 620). Apparaten är monterad i tre särskilda fack på ett bottenbräde. I öfversta

facket finnas signalinrättningen, polariserad ringklocka samt induktor, hvars vef synes på högra sidan; uti samma fack befinner sig äfven hörtelefonklykans omkastningsinrättning. Mellersta facket upptages af mikrofonen samt af induktionsrullen. Nedre facket innesluter mikrofonbatteriet och tjänstgör på samma gång som skrifpulpet. Hörtelefonen är af Bells konstruktion, dock med två eller fyra raka magneter i stället för en enda. Ursprungligen begagnades å dessa apparater Blakes mikrofon, men denna är numera nästan öfverallt i Sverige ersatt med kolkornsmikrofon.

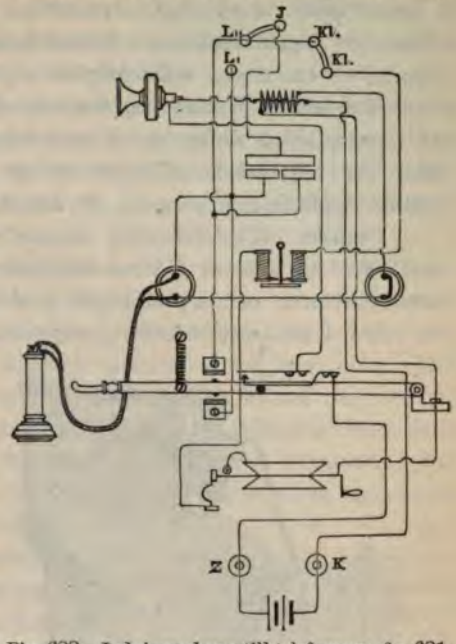


Fig. 622. Ledningsschema till telef.-appar. fig. 621.

Bland de allra bästa telefonapparater som finnas intaga de, som utföras af firman L. M. Ericsson & C:o i Stockholm, ett framstående rum. Dessa apparater utmärka sig så väl för en lyckligt funnen sammansättning som för ett särdeles elegant och prydligt utseende. Fig. 621 framställer en sådan väggapparat af nyaste modell. Öfverst sitta fem stycken kontaktskrufvar, af hvilka de två längst till vänster äro afsedda för ledningstrådarna utifrån, den mellersta för jordledningstråden samt de två till höger för trådar till en extra signalklocka, om sådan skall uppsättas. Strax under dessa skrufvar är mikrofonen — Ericssons kolkorns- — anbragt, monterad på en trädosa, som döljer induktionsrullen. Åskledaren, af förut beskrifven konstruktion, är fastskrufvad å själfva plinten strax ofvanom den polariserade signalklockan. Å ömse sidor om denna senare sitta kontakter för två hörtelefoner, af hvilka dock den till höger är utelämnad; man använder vanligen endast en hörtelefon. Midt på apparaten finnes en liten pulpet med skriftafla. I facket under pulpeten har man induktorn samt den med hörtelefonklykan förenade omkastaren. Längst ned på apparaten har batteriet — ett å två Leclanché-element — sin plats, skyddadt af en huf af järnbleck. Ett fullständigt ledningsschema för ifrågavarande telefonapparat framställes i fig. 622.

Fig. 623. Bordtelefonapparat.

En annan telefonapparat af mycket sinnrik inrättning, likaledes från Ericsson & C:o, visas i fig. 623. Den är afsedd att ställas på ett bord och att där kunna

flyttas efter behag och är därför genom ett långt snöre, innehållande ledningstrådar (jämväl för mikrofonbatteriet), förenad med en liten kontaktbricka, som fastskrufvas å bordet eller vid en vägg. Apparatens fotställning utgöres af två böjda stålmagneter, tillhörande signalinduktorn. Hörtelefonen och mikrofonen äro sammanförda till en apparat — en s. k. *mikrotelefon* —, så anordnad, att då den förra hålles intill örat, den senare befinner sig strax framför munnen. Mikrotelefonen är försedd med ett ganska långt snöre, så att man vid telefoneringen kan intaga den ställning, som faller sig bekvämast. Hörtelefonen är en s. k. dostelefon med mycket stark, tredubbel, ringformig magnet, så att den kan användas äfven för långa afstånd.

Svenska »Rikstelefonens» apparater (fig. 624 och 625) äro konstruerade särskildt för användande å långa ledningar och hafva för detta ändamål mycket starka signalinduktorer och signalklockor med stort motstånd. Mikrofonbatteriet utgöres af två stora Leclanché-element, inrymda å väggapparatens nedre del. Bordapparaten

Fig. 624. Svenska rikstelefonens väggapparat.

Fig. 625. bordapparat.

har två vefhandtag, på det att signalering må kunna ske lika bekvämt från hvilken sida som helst. Båda dessa telefonapparater äro så inrättade, att man genom tryckning på en liten nyckel kan ur ledningen urkoppla signalklockan eller induktionsrullens sekundära lindning. Det förra kan vara fördelaktigt, då man vill hafva utgående signalströmmen så stark som möjligt; det senare gör att man kan bättre uppfatta ljudet i hörtelefonen. Induktionsrullens lindningar tjänstgöra nämligen endast för *utgående* samtal; för *inkommande* tal utgör sekundärlindningen endast ett extra motstånd i ledningen.

För mycket korta telefonledningar, t. ex. mellan olika rum i samma byggnad, använder man ofta särskildt enkla apparater. Mången gång kan det då vara nog med en vanlig dostelefon, som då får göra tjänst både som tal- och hörapparat. Den kan kombineras med en elektrisk ringledning. Eller ock kan signaleringen ske genom en skarp ton från något instrument omedelbarligen framför telefonapparaten.

Ett rumtelefonsystem, som mycket användes i Sverige, anordnas af *Stockholms Belltelefonbolag* på följande sätt. Hvarje apparat består af hörtelefon och mikro-

fon, båda i form af dosor om 6 cm. diameter. Mikrofonen har ett membran af kol, samt något innanför detta en tjockare kolskifva. Mellan denna senare och membranet befinner sig en filtplatta med hål, fyllda med kolpulver. Mikrofonen är således en kolkornsmikrofon af mycket enkel inrättning. Hörtelefonen, mikrofonen samt det af två Leclanché-element bestående batteriet ingå i samma ledningskedja. Signaleringen sker medelst tryckknapp och galvanisk ringklocka. Hörtelefonen är förenad med mikrofonen genom ett ledningssnöre. Då apparaten ej begagnas, ligger hörtelefonen ofvanpå mikrofonen, hvarvid endast ringklockan är inne i ledningen. Så snart hörtelefonen aflyftes, urkopplas klockan, och talapparaten införes i stället.

Telefonväxelapparater. Vid den föregående beskrifningen af telefonapparater och deras sätt att arbeta har alltjämt antagits, att tvenne sådana apparater vore förenade medelst en längre eller kortare ledning. Det händer nog också någon gång, att telefoneringen på detta sätt är inskränkt till endast två apparater. Men i det ojämförligt största antalet fall vill man från sin telefon kunna samtala med hvilken »telefonabonnent» som helst inom ett visst område. Telefonerna inom detta område måste tydligtvis då kunna sättas i ledande förbindelse med hvarandra. För sådant ändamål sammanföras ledningarna från telefonapparaterna inom en viss, ej alltför stor omkrets till en gemensam s. k. *central-* eller *växelstation*, som har att efter anfordran verkställa sammankopplingar mellan apparaterna. Centralstationerna inom hela området kunna sedan vara sinsemellan förenade medelst särskilda ledningar, så att en apparat med ledning till en viss station kan sättas i förbindelse med hvilken apparat som helst å någon af de andra stationerna.

Fig. 626. Signalklaff.

En sådan centralstation måste uppfylla följande fordringar. Anropssignalerna från alla dit anslutande apparater måste kunna uppfattas och särskiljas; telefon måste finnas, så att stationen kan göra sig underrättad om de sammankopplingar, »växlingar», som önskas; stationen måste kunna utföra hvarje sådan växling och åter afbryta förbindelsen, då den ej längre behöfves.

Det förstnämnda villkoret erbjuder inga svårigheter. Om ledningarnas antal är mycket ringa, kan hvardera af dem å stationen förses med en vanlig signalklocka. Vid ett större antal ledningar skulle detta signaleringssätt medföra mycken oreda och ett mångengång olidligt larm. Därför användas s. k. *signalklaffar*, en för hvarje i stationen ingående ledning; denna anordning är äfven billigare och tager mindre utrymme. Fig. 626 visar en dylik klaff, som begagnas å svenska telefonväxlar. Elektromagnetens ankare utgöres af en dubbelarmad häfstång, som hvilar å en egg och hålles i detta läge af en liten justerbar spiralfjäder, anbragt å den kortare armen. Den längre armen har i sin spets en hake, hvilken fasthåller en liten fällbar lucka, klaffen. Då den elektriska strömmen genomgår elektromagnetens trådlindning, neddrages häfstången, klaffen frigöres och nedfaller af sin egen tyngd. Därvid blir en förut dold siffra, olika för hvarje klaff, synlig för den som sköter växlingen. Sker signaleringen med induktor, åstadkomma de växlande strömstötarna från denna, att häfstången ömsevis neddrages och af fjädern åter upplyftes, hvarigenom ett svagt, surrande ljud uppkommer, som ytterligare väcker den tjänstgörandes uppmärksamhet.

Så snart en klaff fallit, sätter stationen sin telefonapparat i förbindelse med den ledning, från hvilken anropet kommit, får då veta med hvem samtalet önskas och inkopplar ledningen till dennes apparat. Samtalets slut tillkännagifves af de telefonerande genom hvar sin korta signal, till tecken att förbindelsen får afbrytas.

Själfva växlingsanordningen kan vara af mycket olika inrättning. Till en början använde man s. k. *skenväxlar*, liknande dem, som ännu begagnas å telegrafstationerna för växling af telegrafledningar, hvilka växlingar verkställdes medelst proppflyttning. Hvarje i stationen intagen (enkeltrådig) telefonledning motsvarades af en skena i växeln. Vinkelrätt mot dessa »linieskenor» voro »växlingsskenorna» anbragta, med ett propphål i hvarje korsning mellan de olika skenorna. En af växlingsskenorna var förenad med växelbordets talapparat, en annan med ett batteri eller en signalinduktor. Genom en enkel proppflyttning kunde alltså stationen sätta sin telefon i förbindelse med hvilken som helst af ledningarna. Sammankoppling af tvenne ledningar utfördes genom att medelst proppar förena motsvarande linieskenor med någon af de lediga växlingsskenorna. — Dessa växelinrättningar upptogo emellertid mycket stor plats och kunde därför ej med fördel apteras för ett större antal ledningar.

Numera begagnas i de flesta fall »*snörväxlar*», vid hvilka ledningarnas förening sker medelst böjliga, ledande snören, som ersätta växlingsskenorna i den nyss beskrifna apparaten. En sådan snörväxel, konstruerad af L. M. Ericsson och afsedd för 9 enkelledningar, visas i fig. 627. Å växelns framsida, strax ofvanför mikrofonen, finnas nio klaffar, af hvilka några äro nedfällda, så att deras nummer blifvit synliga. Fältet nedanför mikrofonen är anordnadt på samma sätt som klafffältet och innehåller nio metallhylsor, »*jackar*», hvardera försedd med en invändig kontaktfjäder. Ledningssnörena, till antalet fyra, äro nedtill fästa å hvar sin kontaktklämma; de öfre ändarna gå genom hål i en liten pulpet å växeln och sluta med metallproppar, som passa i jackhålen. De hållas sträckta af små vikter, synliga nederst å figuren. De två snörena till vänster höra tillsamman, likaledes utgöra de två till höger ett snörpar. Till hvartdera snörparet hör en slutsignalklaff samt en tryckknapp för inkopplande af signalinduktorn, hvilken befinner sig under pulpeten. Ett särskildt snöre, fäst å en kontaktklämma till vänster, står i förbindelse med talapparaten och slutar liksom de andra snörena med en propp.

Ledningarna utifrån föras till kontaktskrufvar å hvardera sidan af växelns öfre del; de stå genom ledningstrådar i förbindelse, hvar och en med motsvarande jacks fjäder, hvilken i sitt hviloläge berör själfva jackhylsan; från denna senare går en tråd till den klaff, som har ledningens (och jackens) nummer. Hvarje klaffs trådlindning är dessutom förenad med jorden. En signalström, som inkommer t. ex. å ledningen nummer 2, passerar således genom kontaktskruf, jack och signalklaff, hvarvid klaffluckan faller och siffran 2 blir synlig. Den tjänstgörande telefonisten insätter talsnörets propp i motsvarande jackhål; proppen kommer därvid i kontakt med jackens fjäder och bryter samtidigt kontakten mellan denna och hylsan, så att signalklaffen frånkopplas. Talapparaten står då genom snöret i förening med nämnda ledning, och den anropande kan meddela numret å den ledning, han vill hafva sammankopplad med sin egen, t. ex. n:r 7. Talproppen uttages och i stället insättes det ena snörparets proppar i jackarna 2 och 7. Växlingen är då verkställd. Då slutsignal gifves, faller luckan å motsvarande slutklaff, som är inlänkad mellan snörparets kontaktklämmor, och propparna uttagas.

Höger om klaff-fältet finnes en kontaktinrättning med propp, medelst hvilken apparatens ringklocka kan inkopplas, så att den ringer, så snart någon klafflucka fallit. Detta är en stor fördel, då den tjänstgörande icke kan ständigt hålla vakt vid växelapparaten.

Vill man från stationen signalera utåt någon ledning, insättes en propp i denna lednings jack, och induktorvefven kringvrides, under det man samtidigt trycker ned motsvarande snörpars signalknapp.

Fig. 627. Snörväxel för 9 enkelledningar.

Fig. 628. Växelbord för 50 dubbelledningar.

Af skäl, som längre fram komma att närmare angifvas, bygger man numera ofta telelefonledningarna dubbeltrådiga, således utan jordledning. Fig. 628 framställer ett växelbord för 50 dubbelledningar, konstrueradt efter samma grunder som det föregående, endast med den skillnad, att alla ledningar här förekomma dubbla. Hvarje snöre innehåller nämligen två inbördes isolerade ledningar, som sluta i tvenne likaledes isolerade kontakter i snörets propp. Det finnes tio snörpar, hvart och ett med sin slutklaff, belägen under jackfältet. Framför hvarje snörpar finnes en omkastare med knapp; då denna nedtryckes, sättes motsvarande snörpar i för-

bindelse med växelbordets tal- och signalinrättning; särskildt talsnöre är sålunda icke behöfligt.

Ledningsanordningarna i en telefonväxel åskådliggöras ytterligare genom fig. 629, som visar ledningsschema för ett växelbord af nyaste konstruktion. Här finnas 4 ledningar med deras jackar (*J*) och klaffar (*K*) samt 2 snörpar, af hvilka hvardera har en slutklaff (*S*), med så stort motstånd, att den utan afsevärdt men för telefoneringen kan vara inlänkad *mellan* de två ledningsgrenarna i snöret. Högra snörparets omkastare (*a*) antages vara nedtryckt och således i förbindelse med tal- och signalapparaten. Denna äger sex stycken omkastare (*T*, *B* och *J*), medelst hvilka man kan efter behag sätta telefonen, signalinduktorn (*Si*) eller en batterisignalnyckel (*N*) i förbindelse med snörena.

Om de i centralstationen ingående ledningarnas antal är mycket stort, måste växelborden anordnas på ett särskildt sätt. Hvarje telefonist kan nämligen ej gärna betjäna mer än högst 200 ledningar. Skulle man försöka att å en station med t. ex. 1000 telefonabonnenter utan vidare insätta bredvid hvarandra 5 växelbord om 200 ledningar, måste man för att kunna utföra hvarje förekommande växling antingen hafva så långa snören, att de räcka öfver alla borden, eller ock från hvarje bord hafva en eller flera ledningar till hvart och ett af de andra borden. Det ena som det andra vore alltför besvärligt och tidsödande.

Dessa olägenheter undvikas helt och hållet i *multipel*-borden, hvilka liksom så mycket annat inom telefonien leda sitt ursprung från Amerika. Dessa växelbord äro så inrättade, att hvarje telefonist kan från sin plats och utan att behöfva anlita någon kamrats bistånd växla till *hvarje* i stationen ingående ledning. För detta ändamål finnes i hvart växelbord, förutom klaffar och jackar för de ledningar, som vid detta bord direkt betjänas, lika många jackar, som hela stationen har antal ledningar. Hvarje ledning går in till en jack efter hvartannat i alla borden, hvarefter den slutar i sin »lokaljack» och klaff i det bord, hvartill den hör. Å en station om 1000 ledningar och med 5 växelbord, finnas alltså i hvarje bord först och främst 200 signalklaffar, hvar och en med sin lokaljack, och dessutom 1000 st. multipeljackar. Ledningen n:r 367 t. ex. slutar således, sedan den »multiplicerats» i alla fem bordens jackfält, i andra bordets lokaljack och klaff med detta nummer. Sker påringning från nämnda ledning, insätter telefonisten en propp i lokaljacken n:r 367, inlänkar sin telefon till motsvarande snörpar och erhåller så upplysning om det telefonnummer, som begäres. Detta må vara 763, hvilket nummer uppsökes i samma bords multipeljack-fält, hvarvid växling sker genom att snörparets andra propp insättes i denna jack. För att göra det så lätt som möjligt att finna rätt på ett nummer äro jackarna, likasom klaffarna, ordnade gruppvis i jämna hundratal.

Då man i hvilket bord som helst kan växla till hvarje ledning, kunde det ju lätt hända, att ett redan uppsatt samtal störddes genom att ytterligare en ledning inkopplades till något af de nummer, mellan hvilka samtalet pågår. För att förhindra detta äro alla jackar försedda med *lystrings*-inrättning, så att man före proppens insättning i en jack kan förvissa sig om att motsvarande ledning icke är upptagen. Man behöfver därvid endast med proppens spets beröra jackhylsan; är ledningen upptagen, erhåller man en batteriknäpp i hörtelefonen, är den ledig, förmärkes ingen sådan knäpp. Lystringen kan vara anordnad på flera olika sätt. I allmänhet har man i hvarje jack en lystringsfjäder, hvilken, då jacken är ledig, berör den-

sammas hylsa. Alla lystringsfjädrar tillhörande samma nummer äro sinsemellan förenade medelst en isolerad tråd. Så snart en propp insättes i en jack, skjutes

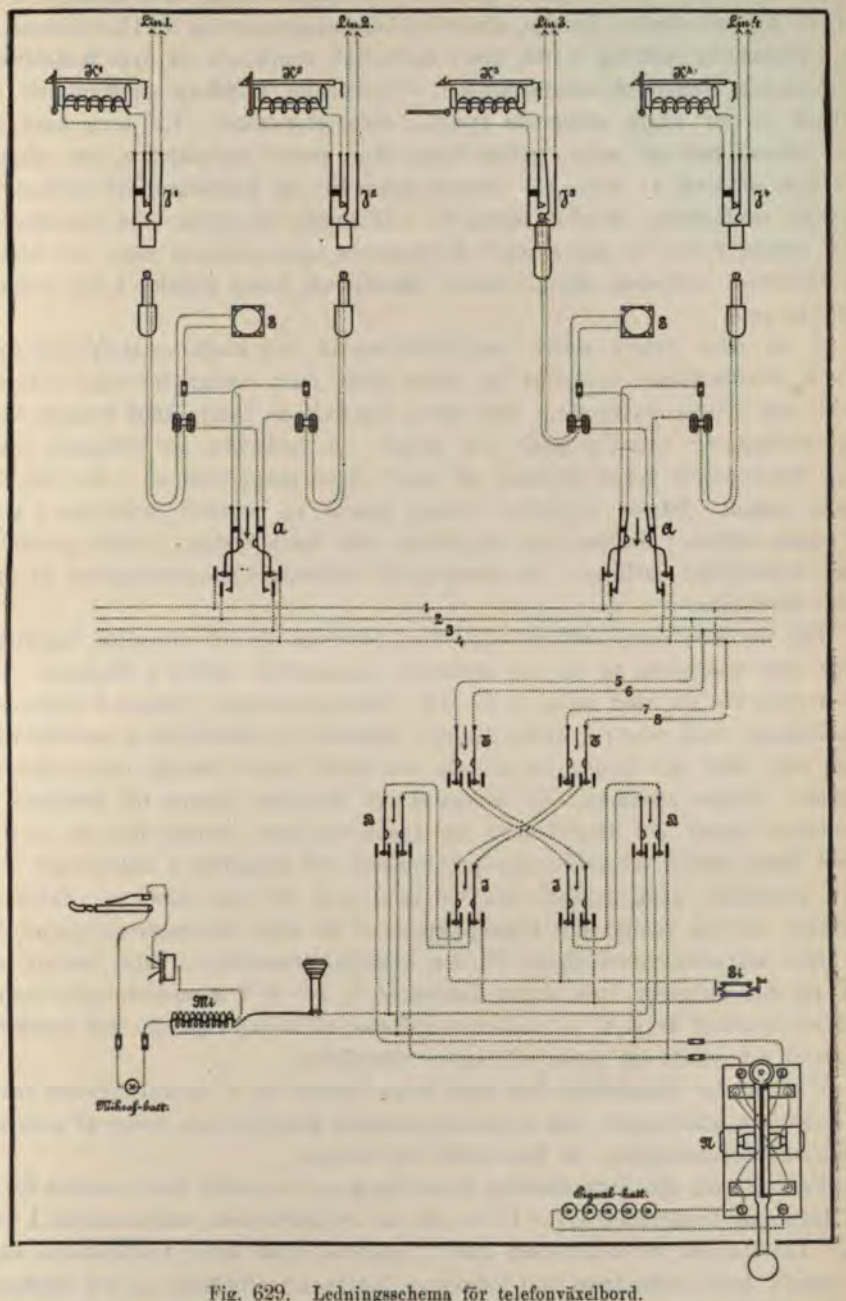


Fig. 629. Ledningsschema för telefonväxelbord.

lystringsfjädern åt sidan och berör därvid en kontakt, som står i förbindelse med ena polen till ett batteri. Alla lystringsfjädrar och således äfven jackhylsor i de andra bordens jackar med samma nummer blifva därigenom förenade med batteriet; och

då man med en propp berör en af dessa jackhylsor, erhålles alltså en strömstöt genom telefonen, som gifver till känna, att numret är upptaget.

Multipelborden å Stockholms Allmänna telefonaktiebolags centralstation å Norrmalm (Pl. X), den största i Sverige, afsedd att kunna upptaga ända till 12,000 abonnenter och nu rymmande omkring 8,100, äro i hufvudsak anordnade på nyss beskrifna sätt. Telegrafverkets förnämsta centralstationer, i Stockholm, Göteborg m. fl. platser, hafva växelbord af ett något afvikande system, ensnöressystemet. Uti dessa bord slutar hvarje ledning med ett snöre, mellan hvars båda grenar signalklaffen, som äfven gör tjänst som slutklaff, är inlänkad. Hvarje snöre har en omkastare, vid hvilkens nedtryckande telefonistens telefon inkopplas. Växlingen vid dessa bord inskränker sig till att insätta endast *en* snörpropp i det begärda telefonnumrets jack; vid bord med tvåsnöressystem erfordras äfven, såsom nämnts, att propp insättes i den anropande ledningens jack.

Å de allra nyaste större centralstationerna äro klaffarna *självupplyftande*, d. v. s. klaffluckorna upplyftas ej, såsom förut varit vanligt, för hand utan automatiskt vid själfva växlingen. För detta ändamål är hvarje klaff försedd med en extra trådlindning samt proppar och jackar, så inrättade, att strömmen från ett batteri slutes genom denna lindning, så snart någon propp insättes i den till klaffen hörande jacken. Därvid upplyftes luckan genom en särskild mekanism i klaffen. Den första station i Sverige, som anordnats efter detta system, hvilket gifvetvis betydligt underlättar växlingen, är nyssnämnda telefonbolags centralstation på Södermalm i Stockholm.

För att göra signalklaffarna obehöfliga äfvensom för att inbespara signalinduktorerna hos abonnenterna har ett särskildt anropssystem införts i England. Enligt detta system äro ett visst antal, t. ex. 100, abonnentstationer intagna å en gemensam anropsledning, »*call-wire*»; å denna ledning befinner sig telefonisten å centralstationen städse inne med sin telefon för att när som helst kunna mottaga order från abonnenterna. Hvarje abonnent har dessutom sin särskilda ledning till stationen. Då abonnenten önskar ett samtal med en annan abonnent, trycker han på en knapp, hvarvid hans telefon inlänkas i anropsledningen, och uppgifver i mikrofonen numret å den abonnent, med hvilken han vill tala, samt sitt eget nummer. Telefonisten verkställer då på vanligt sätt hopkopplingen af de båda abonnentledningarna, hvarefter från stationen gifves signal till den begärda abonnenten. Efter slutadt samtal sätter sig den abonnent, som begärt detsamma, å nyo in i anropsledningen samt tillsäger, att samtalet är slut. — Call-wire-systemet tillämpas i ganska stor utsträckning i England och synes där vinna allt större utbredning.

I stället för signalklaffar har man äfven försökt att å centralstationen använda små elektriska glödlampor, som genom någon enkel åtgärd kunna tändas af abonnenten och därmed tillkännagifva, att han önskar ett samtal.

För att visa den hufvudsakliga inredningen af en nutida telefoncentral för stort antal ledningar framställes å Pl. IX en del af telegrafverkets centralstation i Stockholm. Växelborden stå omedelbart intill hvarandra rundt kring telefonsalens väggar, och hvarje bord, rymmande 200 ledningar, betjänas i allmänhet af två telefonister, med hvar sin mikrotelefon. Då stor brådska råder, kunna samtidigt tre telefonister vara sysselsatta vid ett bord; är expeditionen obetydlig, såsom tidigt om morgnarna, kan en telefonist sköta ett eller flera bord. Öfverst i hvarje bord och upptagande största delen af dess yta märkes multipeljackfältet, indeladt i rutor för 100 jackar.

Rikstelefonstationen i Norrköping.

Apparatsalen för lokala ledningar.

Stockholms Allmänna telefonaktiebolags centralstation å Norrmalm.

Stora apparatsalen, afsedd för 12,000 abonnenter.

Endast de 15 nedersta rutorna upptagas af jackar (fotografien tagen 1892), de öfre äro tomma och afsedda att efter behof fyllas. Under jackfältet synas klaffarna delade i 2 afdelningar om 100 stycken. Nederst å hvarje växelbord hafva snörena sin plats med tillhörande proppar och omkastare. Såsom förut är nämndt, finnes ett särskildt snöre för hvarje i stationen intagen ledning. För närvarande betjänar stationen 3,700 abonnentledningar, men den kan rymma ända till 10,000. Under närmaste framtiden kommer stationen att betydligt utvidgas och nya växelbord med en kapacitet i jackfältet af 25,000 ledningar att insättas. Samma centralstations »interurbanrum», för betjänandet af de långa ledningarna till andra orter, visas äfven å Pl. IX. Hvarje växelbord upptager endast 2 till 4 förbindelseledningar samt därjämte ledningar till den nyss beskrifna lokala stationens bord. Vanligen tjänstgöra två telefonister vid hvarje bord, den ena hufvudsakligen för journalföring m. m.

Å Pl. X synes en del af telefonsalen i Norrköping, f. n. utrustad för 800 ledningar men afsedd för dubbla antalet. Växelborden äro »ensnöres-multipelbord».

Å en och samma centralstation kunna icke gärna flera ledningar än 20,000—30,000 vara intagna, och redan vid ett betydligt mindre antal blifva stationerna alltför dyrbara och svårskötta. Dels med hänsyn härtill och dels för att spara in på de särskilda ledningarnas längd plägar man, då ledningsantalet är mycket stort, fördela växlingen på ett par eller flera stationer. Så t. ex. är Allmänna telefonbolagets nät i Stockholm deladt på tre hufvudstationer, å Norrmalm, Staden och Södermalm, samt flera mindre stationer. Alla dessa stationer äro sinsemellan förbundna med ett flertal ledningar.

Telefonnätet i Berlin, upptagande omkring 20,000 abonnenter (1894), innehåller sex centralstationer, hvar och en med en kapacitet af 5000 ledningar. Å hvarje station finnas dessutom 1000 nummer för ledningarna mellan stationerna inbördes.

Ej sällan förekommer, att två telefonapparater så ofta behöfva sättas i förbindelse med hvarandra, att det vore alltför besvärligt att för hvar gång anlita centralstationens bistånd. Man begagnar i sådant fall en s. k. *anknytningsväxel*, som är försedd med signalklocka och omkastare, så att båda apparaterna kunna förenas vare sig med centralstationen eller direkt med hvarandra. Vanligen är växeln så inrättad, att äfven en tredje ledning kan anknytas till densamma. — Man kan äfven insätta två eller flera telefonapparater efter hvarandra i samma ledning; de mellanliggande apparaterna måste då förses med omkastare motsvarande anknytningsväxelns. Anrop till apparaterna särskiljas genom olika signaler för hvarje apparat.

Många försök hafva gjorts att konstruera *automatiska telefonväxlar*, medelst hvilka man från sin egen telefonapparat kunde växla till hvilken annan apparat som helst, intagen i växeln. Många lösningar af detta problem hafva också sett dagen, men ännu ingen, som kommit i afsevärdt praktiskt bruk, användbar för ett större antal ledningar. Sådana apparater blifva gärna alltför invecklade och ömtåliga, så att deras tillsyn fordrar en särskild person, och då är vinsten af deras användning icke stor. Automatiska växlar för ett fåtal ledningar begagnas däremot ganska mycket. I Sverige hafva dylika växlar konstruerats, bland andra af H. T. Cedergren och L. M. Ericsson, och voro här en tid ganska mycket använda men hafva nu alltmera kommit ur bruk.

Luftledningar och kablar; telefonnät. Till en början byggde man telefonledningar enkeltrådiga — med jordledning —, likasom oftast är fallet med ledningar för telegrafändamål. Men sådana telefonledningar lida af flera olägen-

heter. Hörtelefonen är ett alltför känsligt instrument för att icke påverkas af de induktionsströmmar, som uppkomma, då två eller flera ledningar af detta slag ligga nära hvarandra eller då en telefonledning följes af någon telegraftråd. Om två enkla telefonledningar hafva gemensamma stolpar å blott ett par kilometers linielängd, kan man i den ena ledningens hörtelefoner tydligt uppfatta hvad som talas å den andra tråden. Äfven om ledningarna gå på hvar sin sida om en bred landsväg och följas åt tillräckligt långt, en mil eller mera, märkes dylik induktion. Vid långa enkla telefonledningar inverka äfven jordströmmar, som gifva ett smattrande ljud i

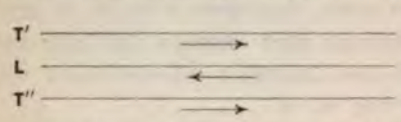


Fig. 630. Symmetriskt anordnande af telegraf- och telefondubbelledning, till upphäfvande af induktionen.

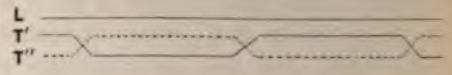


Fig. 631. Korsning af telefontrådarna, till upphäfvande af telegraftrådens induktionsverkan.

apparaterna. Dessa ljud blifva mycket störande och obehagliga, i synnerhet vid åskväder och då atmosfären är laddad med elektricitet.

Dessa obehag kunna helt och hållet undvikas, om man borttager jordledningen och gör telefonlinierna dubbeltrådiga; detta medför likväl en afsevärdt högre anläggningskostnad. För att upphäfva induktionens verkan upplägger man båda trådarna på lika afstånd från de ledningar, som kunna verka störande. Om en telefonledning exempelvis skulle uppläggas å en stolplinie, där en telegraftråd förut finnes, fästas telefontrådarna (T' T'') symmetriskt i förhållande till telegraftråden (L), på

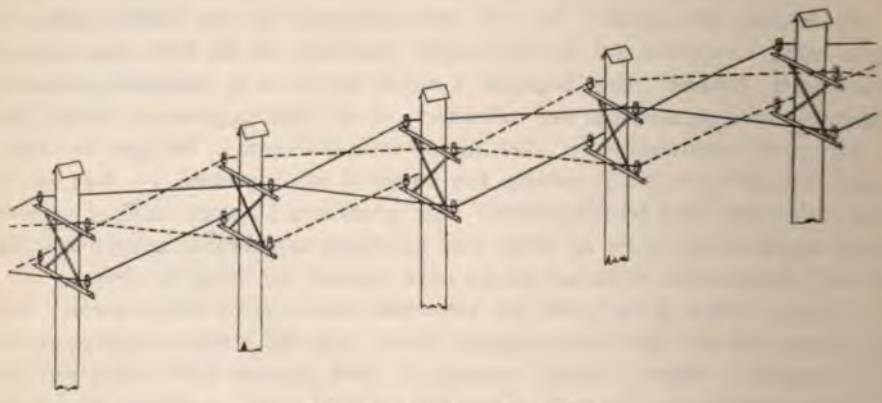


Fig. 632. Telefonlinie med »fyrskruf».

det sätt fig. 630 visar. En strömstöt, som framgår genom L i pilens riktning, frambringar inducerade strömmar i T' T'', hvilka strömmar hafva samma riktning och därför upphäfva hvarandra. Samma resultat kan äfven uppnås genom att låta telefonledningens båda trådar oupphörligt växla läge i förhållande till hvarandra (fig. 631); deras (medel-)afstånd från den inducerande tråden blir äfven i detta fall detsamma.

Denna senare metod är den säkraste och därför den mest begagnade. Då två eller flera inducerande ledningar förekomma, är den tydligtvis den enda användbara. För att åstadkomma denna trådarnas lägeväxling kan man antingen framdraga dem parallelt med hvarandra och korskoppla dem i stolparna eller också låta trådarna

»skrufva» sig fram mellan stolparna, såsom i Sverige är det mest brukliga. Om två sådana dubbelledningar skola läggas å samma stolpar, kunna de med fördel »skrufvas» tillsammans på det sätt fig. 632 visar. De diagonalt motsatta trådarna i skrufven, två och två, tillhöra samma ledning.

Telefonledningar byggas för öfrigt i hufvudsak på samma sätt som telegrafledningar (sid. 109—113).

Som ledningsmateriel begagnar man i Sverige för kortare landledningar oftast järntråd af 3,2 eller 4,3 mm. tjocklek, för mycket långa ledningar användes brons- eller koppartråd med en diameter af 2 till 4,5 mm. Trådar af sådan metall orsaka betydligt mindre motstånd och hafva äfven mycket mindre självinduktion, hvilken senare omständighet i synnerhet är af största vikt vid långlinietelefonering.

En bland de längsta nu i bruk varande telefonledningar är den mellan New-York och Chicago, af 4,3 mm. hårddragen koppartråd och nära 1,700 km. lång. Ett fem minuters samtal å denna ledning kostar emellertid 9 dollar (omkring 33 kr.). I Sverige finnas åtskilliga ganska långa telefonlinier. Bland dem märkas linierna mellan Stockholm och Malmö, två till antalet, den ena af 2,5 och den andra af 3 mm. koppartråd, hvilkas sammanlagda anläggningskostnad uppgår till 340,000 kr., ehuru de å största delen af vägen äro upplagda å förut befintliga telegrafstolpar. Kostnaden för ett vanligt telefonsamtal mellan Stockholm och Malmö — afstånd omkring 600 km. — utgör endast 50 öre för tre minuter och är sålunda mycket liten i jämförelse med samtalsafgifterna i Amerika och äfven de flesta andra länder.

Tråddimensionerna å de nuvarande stamtelefonledningarna i Sverige — motsvarande 3 mm. koppar — äro beräknade för samtal på ett längsta afstånd af 800—900 km., eller så att hufvudstaden kan komma i telefonförbindelse med landets olika delar, med undantag af de allra nordligaste. Å sistnämnda håll skola ledningarna emellertid nu fortsättas, så att Sverige vid detta århundrades slut kommer att äga telefonledning alltifrån dess sydligaste stad, Trelleborg, till den nordligaste platsen af någon betydenhet, nämligen Pajala by, belägen vid riksgränsen 185 km. norr om Haparanda. Hela sträckan utgör vid pass 2100 km. eller lika mycket som afståndet mellan Malmö och Rom; men naturligtvis skall man, enligt hvad nyss blifvit anmärkt, icke kunna direkt telefonera mellan nordligaste och sydligaste landsdelarna. Detta kan icke ske förrän en 4,5 mm. kopparledning kommer till stånd å hela denna linie, och då troligtvis icke å längre sträcka än cirka 1,800 km., motsvarande afståndet Malmö—Luleå. En sådan ledning kommer emellertid nu till en början att byggas mellan Stockholm och Malmö, egentligen afsedd för den internationella telefonförbindelsen och anslutande genom kabel till Köpenhamn och den redan befintliga ledningen därifrån till Hamburg samt den antagligen snart blifvande telefonlinien Gjedser—Warnemünde—Berlin.

En annan sådan linie skall ock byggas för liknande ändamål mellan Malmö, Göteborg och Svinesund med fortsättning af en norsk 4 mm. kopparledning till Kristiania. Till förmedling af de internationella samtalen från det inre af vårt land skall slutligen en tredje dylik linie byggas mellan Stockholm—Örebro—Göteborg.

Dessa nya ledningar skola bestå af 4,5 mm. hårddragen koppartråd med 98 proc. ledningsförmåga och 50 kg. hållfasthet pr. kvmm. samt blifva alltså de gröfsta telefonkopparledningar i Norden. De skola på det allra omsorgsfullaste sätt skyddas mot alla störande inflytelser. De blifva därför ock jämförelsevis dyra, nämligen för ledningen Stockholm—Malmö: 369,000 kr., Malmö—Svinesund: 280,000 kr., Stock-

holm—Göteborg: 263,000 kr. samt kabeln öfver Öresund 500,000 kr. Dessa anslag beviljades af 1897 års riksdag.

Vid telefonering genom *kablar* besväras man af samma svårigheter som vid

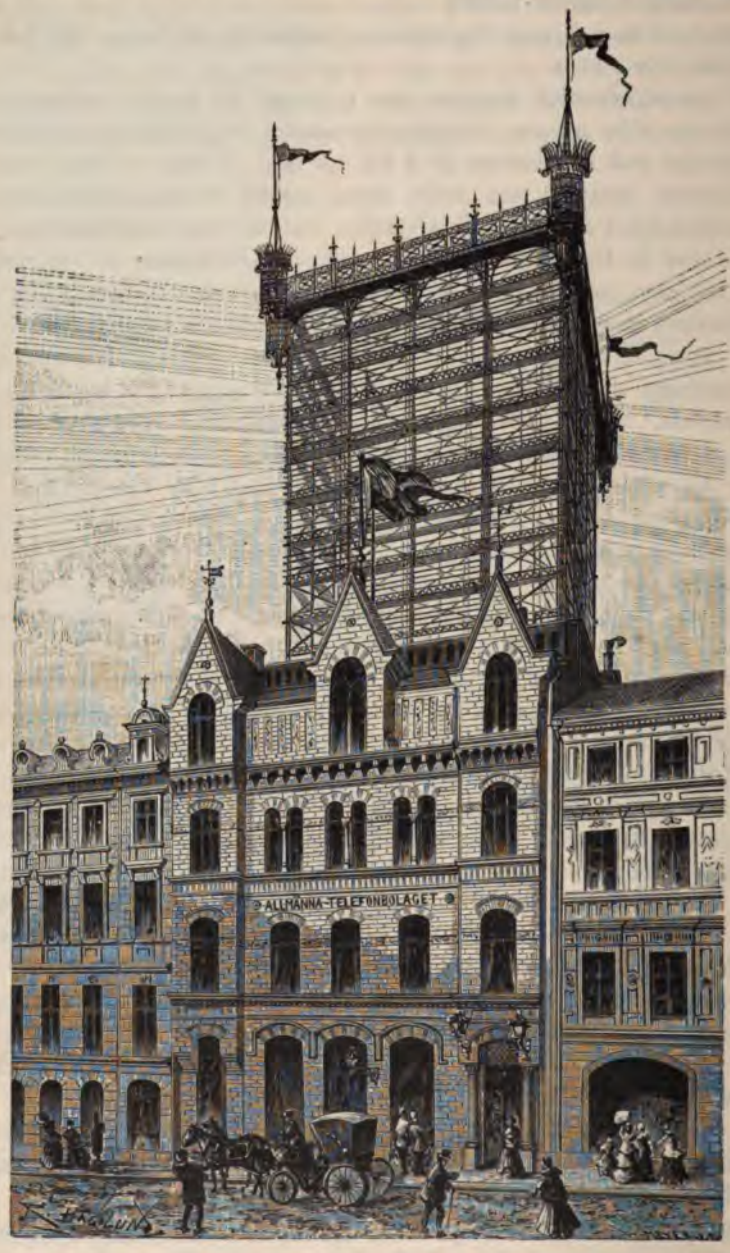


Fig. 633. Telefontorn i Stockholm.

kabeltelegrafering, och detta i ännu högre grad. Kablarnas stora laddningsförmåga dämpar telefonströmmarna, så att ljudet, då kabeln har större längd, framkommer doft och otydligt. Ännu har man ej lyckats att praktiskt möjliggöra telefonering

genom långa undervattensledningar, om än åtskilliga förslag i denna riktning framkommit; för närvarande telefonerar man ej å kablar, som äro längre än några få mil. En bland de längsta nu i bruk varande telefonkablar utlades år 1889 öfver engelska kanalen och utgör en del af de båda telefonledningarna London—Paris. Denna kabel, 38 km. lång, innehåller fyra grofva kopparledare, isolerade med tre skiftesvis anbringade lager af Chattertons compound och guttaperka. De isolerade koppartrådarna äro spiralformigt vridna om hvarandra. Hela telefonlinien är 506 km. lång, däraf 135 km. luftledning af 4 mm. hårddragen koppartråd å engelska sidan samt 333 km. luftledning af 5 mm. tråd å franska sidan. Ett samtal mellan London och Paris kostar 10 francs för 3 minuter.

Då ett stort antal ledningar skola införas till en centralstation, plägar man framdraga dessa öfver hustaken; ledningstråden bör därför vara på samma gång lätt och stark. Motståndet i tråden spelar ingen roll, då ledningarna äro jämförelsevis korta. Till en början byggde man sådana telefonnät hufvudsakligen af fin järntråd; numera begagnas så godt som uteslutande tråd af fosfor- eller siliciumbrons. Sådan bronstråd utmärker sig för stor hållfasthet, 80 kg. per kvmm. och därutöfver. I Sverige användes för telefonnäten mest tråd af 1,0 och 1,25 mm. diameter.

För ledningarnas uppbärande anbringas å hustaken järnställningar, telefonfästen, med isolatorer. Dessa fästen kunna mången gång hafva att bära ända till 1,000 trådar och ännu mera och måste alltid säkert fastsättas. Å centralstationens tak måste man ibland bygga ett formligt torn för de otaliga trådarnas upptagande. Kanske det största och bäst anordnade telefontorn i världen är Allmänna telefonbolagets å dess hufvudcentral vid Brunkebergstorg i Stockholm. Detta torn (fig. 633), som i anläggning kostat i det närmaste 60,000 kr., hvilar å särskilda pelare, murade ända från grunden, och höjer sig 25 meter öfver byggnadens tak.

För att kunna framdraga ett stort antal ledningar i luften utan att behöfva använda stora trådknippen och fästen sammanför man dem ofta i kablar, innehållande isolerade trådar och upphängda å särskilda bärlinor af stark stål- eller järntråd. Sådana kablar med 76 trådar och utanpå klädda med bly begagnas mycket i Sverige; numera uppläggas här också luftkablar med ända till 400 ledningar och af ungefär samma konstruktion som de här nedan beskrifna underjordskablarna.

Från telefontornet å centralstationen föras ledningarna uti isolerade trådar in i stationen, men vanligtvis ej direkt till växelborden utan först till en öfverkopplingsinrättning, där ledningarna kunna undersökas och vid behof omkopplas eller afbrytas. I allmänhet finnas här också åskledare anbragta vid ledningarna för växelbordens skydd. De åskledare, som numera användas å svenska telefonstationer, utgöras af kolskifvor, förenade med ledningstrådarna och vända mot andra kolskifvor, hvilka befinna sig på $^1/_4$—$^1/_2$ mm. afstånd från de förra och äro isolerade från dessa samt förenade med jorden.

Underjordskablar. I mycket vidlyftiga telefonnät möter det ofta stora svårigheter att på ett tillfredsställande sätt framdraga ledningarna i luften. De stora trådknippena och de för dem erforderliga järnställningarna verka stötande för ögat och kunna dessutom medföra fara, om ett större antal trådar skulle brista eller om något fäste gåfve vika. Luftledningar äro dessutom af hvarjehanda anledningar lätt utsatta för fel. Slutligen är det ofta rätt svårt att erhålla husägarnes medgifvande till trådfästenas uppsättande.

Dessa olägenheter, sammanställda med de väsentliga fördelarna af ett ledningsnät under jord, hafva mångenstädes föranledt anläggandet af ledningskablar under gatorna. I Sverige nedlades de första sådana telefonkablar uti Stockholms gator redan år 1891 af Telegrafverket, och nu bestå flera af samma verks större telefonnät, synnerligast Stockholms och Göteborgs, till mycket stor del af underjordsledningar.

Det var efter en af Telegrafverkets telefoninspektör i Stockholm år 1890 företagen studieresa till Amerika, där vid denna tid jordkablar i större utsträckning börjat användas, som man beslöt, att kabelnedläggningar i Stockholm skulle äga rum och efter det system, att sedan kabelrören — hvilka här utföras af cement — blifvit fullbordade, kablarna kunde när som helst dragas in eller ut ur dem. I sådant syfte finnas å lämpliga punkter nedstigningsbrunnar, i allmänhet på ett inbördes afstånd af något öfver 100 meter, växlande efter lokala förhållanden. Brunnarna gjutas af beton (1 del cement, 3 delar sand och 5 delar makadamsten), och göras numera i ovalform (Pl. XI) med 150 mm. tjocka sidoväggar och 300 mm:s botten och tak samt så höga, att en man kan stå rak inuti dem. De förses med en gjutjärnsbetäckning innehållande tvenne lock, ett öfre i gatans plan samt ett nedre, som kan stängas, i betäckningens undre del. För de minsta trummorna — för 5 kablar — begagnas dock grunda brunnar (se fig.), likaledes tillverkade af beton och försedda med järnlock.

Fig. 634. Blyklädd telefonkabel med pappersisolation.

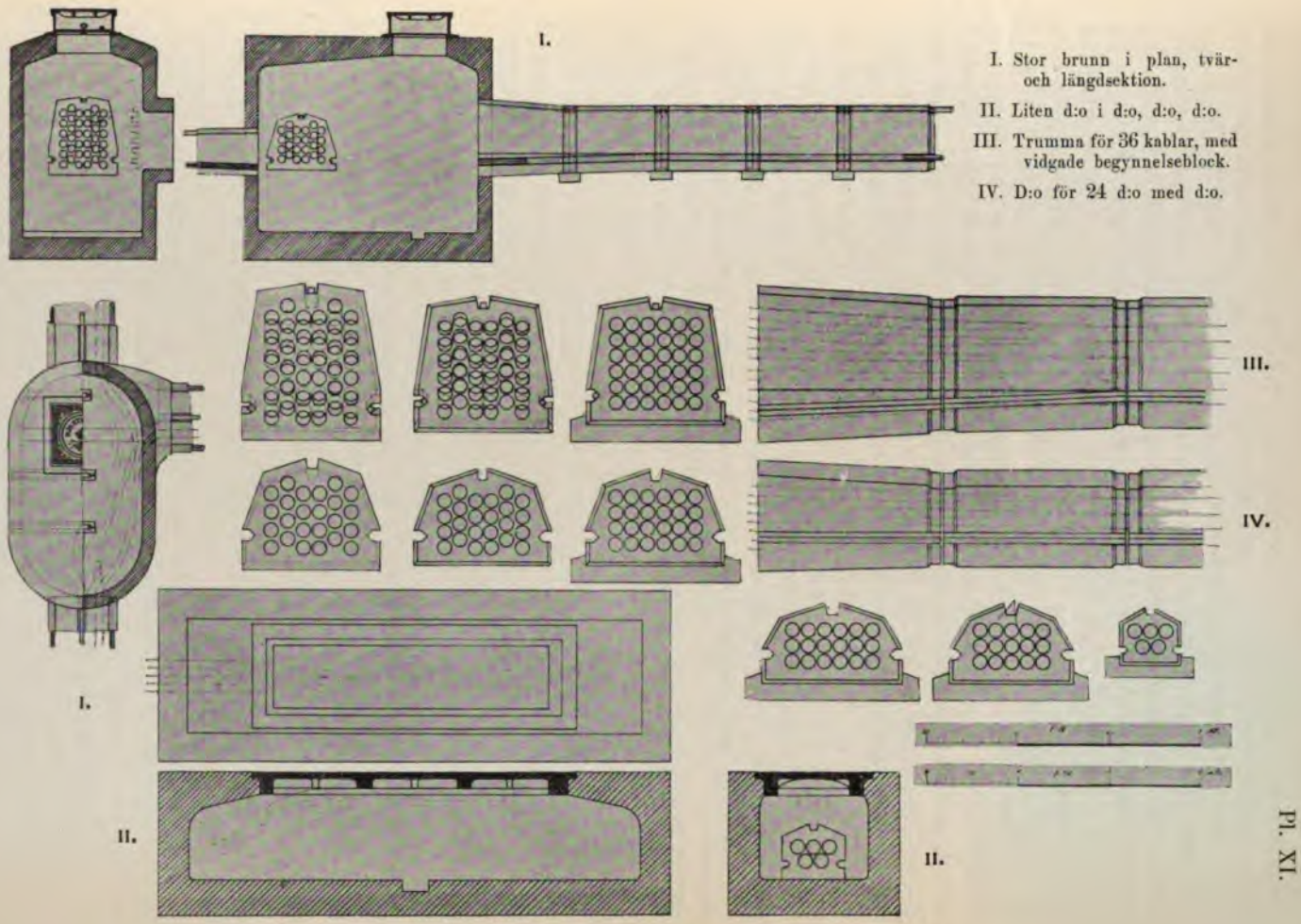
Trummorna sammansättas af cementblock försedda med kanaler eller rör för kablarna, en i hvardera. Rörens antal är 36, 24, 18, 15 och 5; diametern 75 mm. Närmast brunnarna befinna sig ett till två block, i hvilka rören något sprida sig, till underlättande af kablarnas placering i brunnen.

Blocken, som gjutas af 1 del cement och 3 delar sand, tillverkas med stor omsorg, så att de olika hålen passa precis för hvarandra och därigenom fullständiga rör bildas från brunn till brunn. För att hålla blocken i riktigt läge till hvarandra anbringas dels under hvarje skarf en cementplatta och dels förbindas blocken med långsgående järnstänger, incementade i rännor å blockens sidor.

Blocken nedläggas med ett mellanrum af cirka 1,5 centimeter, hvilket noga tätas med tjärade diktgarn och smältande asfalt. Blocket är äfven själft före nedläggningen bestruket med asfalttjära till skydd mot väta. I allmänhet ligga åtminstone de gröfre blocken på ett djup af 1,65 meter till underkant. Efter nedläggningen ombäddas trummorna med grus, minst 20 cm. å hvar sida, hvilket spolas och väl hopstampas. Innan kabelinläggningen försiggår, genomdragas kanalerna af en järnkula om minst 70 mm:s diam. i och för undersökning af deras rätlinighet och diam.

De till en början mest använda kablarna innehålla 200 trådar sammanlagda till 100 dubbellinier. Trådarna äro af koppar, 0,7—0,8 mm. i diameter, samt isolerade med pappersmellanlägg och torr luft kring hvarje tråd. — Det hela omgifves af en 3 mm. tjock blymantel. På grund af isoleringens beskaffenhet måste vid kabelns handhafvande den största försiktighet iakttagas, så att ej läckor uppstå å blymanteln. Fig. 634 framställer en dylik kabel, ehuru med endast 54 trådar. Numera begagnas kablar med ända till 500 trådar.

Kabelns genomdragning sker medelst en hamplina, som instickes i kanalerna medelst 1,2 meter långa träkäppar, försedda å ena änden med en ögla, å den andra med en hake. Dessa käppar skjutas in i kabelkanalen från den ena brunnen till den



I. Stor brunn i plan, tvär- och längdsektion.

II. Liten d:o i d:o, d:o, d:o.

III. Trumma för 36 kablar, med vidgade begynnelseblock.

IV. D:o för 24 d:o med d:o.

Cementtrummor och cementbrunnar för telefonkablar.

Pl. XI.

andra, hvarvid alltid hvarje käpps hake inträder i en föregåendes ögla, så att hela raden bildar en sammanhängande kedja. Vid sista käppen fästes linan, och nu framdragas käpparna samt isärkopplas i andra brunnen, dit linan sålunda anländer med sista käppen. Först indrages en smäckrare lina, medelst hvilken förenämnda undersökning af kanalerna samt genomdragning af en borste med vaselin äger rum, och därpå inhalas med denna lina den gröfre för kabelns framdragande. Detta verkställes med en handvinsch, placerad vid andra brunnen, och under iakttagande af många försiktighetsmått.

Kablarna göras vanligen ej i större längder än från brunn till brunn, de måste därför i allmänhet skarfvas i hvarje brunn, hvilket ock är ganska lätt.

Äfven vid användande af jordkablar kan man ej helt och hållet undvika luftledningar, men däremot väl stora trådknippen. Kablarna utgrenas å telefonfästen, och ledningarna föras därifrån i luften till abonnenterna. Vid intagning af ledningarna å stationen liksom vid deras fördelning till luftledningarna vid kabelns andra ände sker utgreningen af kabelns enskilda trådar inuti en gjutjärnslåda, som å sidorna är försedd med genomgående kontaktstycken, från hvars ytterändar linierna fortsätta i trådar öfverdragna med gummi eller annan isolering, som ej tager skada af luftens fuktighet. För att försäkra sig om kabelns fortfarande bestånd ingjuter man i utgreningslådan parafin, så att fukt ej kan från änden intränga i kabeln. I samband med utgreningslådan står å kabelns båda ändar kolåskledare, till hvars kontaktfjädrar grentrådar gå från lådans ytterkontakter.

I början af år 1895 funnos i Stockholm sammanlagdt 3,236 m. telegrafverket tillhöriga kabeltrummor, innehållande 23,175 m. kabel.

Äfven Allmänna telefonbolaget i Stockholm har sedan år 1896 börjat nedlägga kablar i gatorna efter ett system liknande det nu beskrifna men med cementtrummor, som innehålla ända till 86 rör. Om alla dessa rör tänkas vara fyllda med 500-trådig kabel, kunna de rymma icke mindre än 21,500 dubbelledningar.

Sådana kabeltrummor måste gifvetvis från början tilltagas så stora, att de äfven kunna rymma alla framdeles erforderliga ledningar; vid deras anläggning måste man därför utföra ett icke obetydligt förskottsarbete. Men detta är äfven i viss mån erforderligt vid luftledningsknippen, och då kabelledningar därjämte äro betydligt billigare att underhålla, ställa sig kostnaderna i sin helhet ej så ogynnsamma för kabelnätet, som man vore frestad att antaga. Sedan trummorna en gång blifva fyllda med kablar, blir kostnaden för hvarje ledning ej större utan snarare mindre än för luftledningar.

I Berlin ligga kablarna i gjutna järnrör af 200 till 300 mm. inre diameter, hvilka utmynna i murade kabelbrunnar.

Mycket gynnsamma för anordnandet af underjordiska kabelvägar hafva förhållandena varit i Paris. I denna stad finnes nämligen, som kändt torde vara, ett vidsträckt underjordiskt kanalsystem, utgörande aflopp för kloakvatten; i dessa kanaler hafva kablarna utan vidare framdragits och uppfästats vid väggarna.

Multiplex-telefoni. I föregående kapitel är omnämndt, att man kan å en och samma enkla ledningstråd samtidigt expediera ända till sex telegram, stundom ännu flera. Då telefonledningar ofta byggas af koppar- eller bronstråd, och därtill dubbeltrådiga, äro de i allmänhet mycket dyrare att anlägga än telegrafledningar. Man började därför redan tidigt att sysselsätta sig med frågan om möjligheten af

multiplex-telefonering. Då telefonströmmarna emellertid äro af helt annat slag än telegrafströmmarna, var det icke möjligt att för de förra lösa multiplex-problemet på samma sätt som för de senare.

De första försöken i antydd riktning med praktiskt användbart resultat gjordes redan 1882 af F. van Rysselberghe i Bryssel, som då uppfann ett sätt att telefonera å en ledning, å hvilken samtidigt telegrafering äger rum. Rysselberghe ville egentligen utfinna något sätt att hindra strömmarna i en telegrafledning från att störa telefoneringen i en närbelägen, jämnlöpande telefonledning. Detta lyckades också, då han ställde så till, att strömstötarna vid telegraferingen icke såsom vanligt utsändes med full styrka på en gång i ledningen. Han insatte nämligen motstånd med stor självinduktion samt kondensatorer i förening med batteri och telegrafnyckel, så att vid hvarje telegrafteckens bildande strömmen blott småningom nådde full styrka och därefter aftog. En sådan ström kan nämligen icke framkalla märkbar induktionsverkan i en annan ledning; därtill fordras en *hastig* förändring af den primära strömstyrkan. — Rysselberghe kom snart under fund med att, äfven om en hörtelefon insättes i telegrafledningen, intet ljud uppkommer i telefonen, alldenstund membranet icke hörbart påverkas af strömmar, som långsamt och jämnt till- eller aftaga i styrka. Därigenom blir det möjligt att telefonera och på samma gång telegrafera å ledningstråden. Fig. 635 visar, huru Rysselberghe i öfverensstämmelse

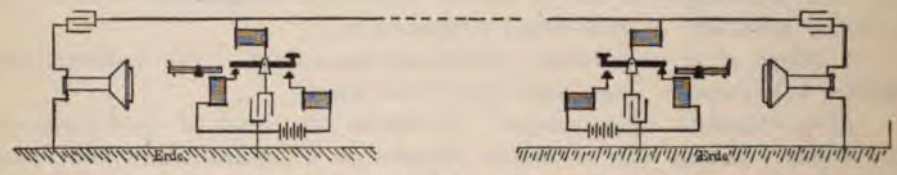


Fig. 635. Anordning af apparater för samtidig telegrafering och telefonering å en ledningstråd.

härmed kombinerade apparaterna å ledningens båda ändstationer. För att icke afleda telegrafströmmarna ingå telefonerna ej direkt i ledningen utan äro skilda från denna genom hvar sin kondensator. Apparater af sistnämnda slag, insatta i ledningen, hindra ej afsevärdt telefoneringen, då ju telefonströmmarna äro växelströmmar med stor frekvens.

Rysselberghes system har emellertid ej uppfyllt de stora förhoppningar, som till en början fästes vid detsamma. Dels blir telegraferingen betydligt långsammare, än hvad den eljest behöfde vara, dels kan man ej å samma stolplinie hafva mera än en sådan telefonförbindelse, emedan två eller flera skulle genom telefonisk induktion verka störande på hvarandra.

Nu beskrifna system kan icke heller sägas tillhöra den egentliga multiplex-telefonien, hvars mål är att möjliggöra tvenne eller flera *telefonsamtal* samtidigt å en ledning.

Ett förslag till dubbeltelefonering, som visat sig möjligt att genomföra, har framställts af Frank Jakob i London, hvilken härvid tillämpat principen för Wheatstone's brygga (fig. 636). Vid hvardera änden af en dubbeltrådig ledning finnas två motstånd RR och $R'R'$, hvartdera om t. ex. 3000 ohm. Det är nödvändigt, att RR sinsemellan äro fullkomligt lika och $R'R'$ sinsemellan lika äfvensom att dubbelledningens båda grenar äro hvarandra lika i afseende på ledningsförmåga, isolation och kapacitet. Äro dessa villkor uppfyllda, så kunna T_2 och T_2' samtala med hvar-

andra samtidigt med att T_1 och T_1' samtala, utan att det ena samtalet stör det andra, såsom lätt inses af lagarna för strömgreningar. E och E_1 äro jordledningar.

Den på detta sätt anordnade förbindelsen mellan T_1 och T_1' är lika god, som om den vore en vanlig enkelledning. De inlänkade motstånden R och R', hvilka talströmmarna från T_1 och T_1' hafva att passera, hafva icke något skadligt inflytande på telefoneringen. Ett rent ohmiskt motstånd inlänkadt i en enkelledning utöfvar nämligen icke något afsevärdt inflytande på telefonströmmarna. Telefoneringen mellan T_2 och T_2', därvid ledningen tjänstgör som dubbel, går nästan lika förträffligt som på en vanlig dubbelledning. Men på samma gång man genom den nu beskrifna metoden kan draga dubbel nytta af en dubbeltrådig telefonförbindelse, så måste man å andra sidan erkänna, att metoden utvisar en tillbakagång; man använder dubbelledningar för att alldeles frigöra sig från jorden, men här har man icke frigjort sig från jorden. Så länge linien är felfri, hafva de båda påhakade jordledningarna visserligen ingenting att betyda, men rubbas jämvikten mellan ledningsgrenarna, kommer denna rubbning långt mera att ge sig till känna här än på en dubbelledning, som icke förut i någon punkt står i förbindelse med jorden.

Metoden kan utsträckas till andra fall. Har man t. ex. två dubbelledningar, kan man anordna så, att man får tre samtalsförbindelser af dubbellednings karakter och en enkelledning, hvarigenom inalles fyra samtal kunna utväxlas oberoende af

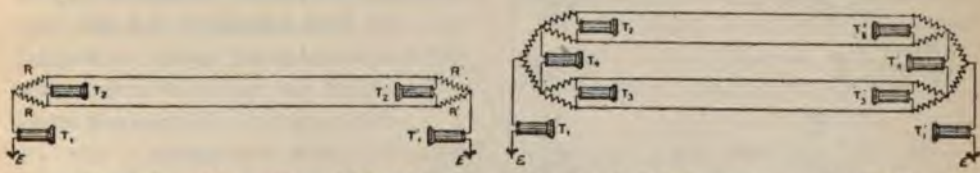


Fig. 636. Schema för multiplextelefonering enligt Frank Jakobs system. Fig. 637.

hvarandra (fig. 637). Vill man emellertid i sistnämnda fall, då man har till sitt förfogande två dubbelledningar, icke göra sig skyldig till den försämring af dubbelledningarna, som blir en följd af jordledningarnas påhakande, så tager man bort telefonerna T_1 och T_2' äfvensom de båda yttersta motstånden å hvardera stationen, då man visserligen mister ett telefonpar men också på samma gång blir af med jordledningarna.

Inom svenska rikstelefonnätet hafva försök anställts med så väl detta duplextelefoneringssystem som med ett annat system, hvilket kommit till ganska stor användning i England. Detta senare har visat sig förmånligare i det afseendet, att olikhet i längd och beskaffenhet hos de abonnentledningar, som samtidigt äro anslutna till ledningskombinationen, icke rubbar den erforderliga jämvikten. Å andra sidan innebär visserligen systemet en försämring, i det att i fråga om två af de tre samtal, som på en gång kunna utväxlas, talströmmarna öfverdragas medelst induktion. Då emellertid de i systemet ingående induktionsrullarna på ett synnerligen tillfredsställande sätt öfverföra talet, torde detta system ändock vara att föredraga framför det förut beskrifna.

Schemat för detta system framställes fig. 638. Dubbelledningarna L_1 och L_2 mellan stationerna I och II äro på hvardera änden inkopplade till induktionsrullar T_1 och T_2, hvardera med tre lindningar om 150 ohms motstånd. En går mellan skrufvarna 1 och 3, en mellan 2 och 3 och en mellan 4 och 5. Lindningarna äro

så afpassade, att strömmar, som passera lindningarna 1—3 och 3—2 efter hvarandra, inducera strömmar i lindningen 4—5, men att strömmar, som med lika styrka passera lindningarna 1—3 och 2—3 i bredd, ej uppväcka strömmar i lindningen 4—5. Strömmar, som genomlöpa lindningen 4—5, alstra induktionsströmmar, hvilka passera lindningarna 1—3 och 2—3 efter hvarandra.

De bägge dubbelledningarnas trådar äro inkopplade i skrufvarna 1 och 2. Trådarna till dessas jackar i växelborden A_1 och A_2 utgå från 4 och 5, och från 3 utgår ena grenen af den erhållna tredje linien. Vid samtal mellan A_1 å stationen I och A_1 å stationen II liksom mellan A_2 å de bägge stationerna öfverföras strömmarna mellan lindningarna 4—5 och 1—3—2, såsom af de heldragna pilarna angifves. Vid samtal mellan apparater förbundna med A_3 och A_3 passera strömmarna lindningarna 3—1 och 3—2 i bredd samt genomgå ledningarna såsom de streckade pilarna ange, hvarvid dubbelledningen L_1:*s* bägge trådar utgöra ena och L_2:*s* bägge trådar andra branchen i den sålunda erhållna extra ledningen.

Efter detta system är nu duplextelefonering anordnad å linierna Stockholm—Uppsala, Stockholm—Gäfle, Stockholm—Norrtälje (å två par ledningar), Stockholm—Norrköping, Stockholm—Gnesta, Stockholm—Enköping, m. fl.

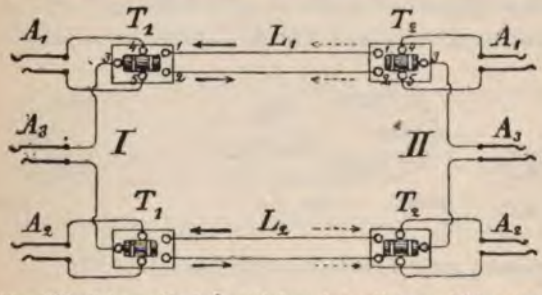


Fig. 638. Schema för duplextelefonering enligt engelskt system.

För att, i händelse af fel å någon af trådarna, hela kombinationen ej skall bli oanvändbar, äro de olika delarna på det sätt uppmonterade, att, genom omkastning af ett par vefvar, öfverföringsanordningen kan urkopplas och linierna arbeta som vanligt.

Af det nu nämnda framgår, att framstegen inom multiplex-telefonien icke äro stora, i jämförelse med de resultat man uppnått inom motsvarande område af telegrafien. Men de utgöra i alla händelser en god början, och det finnes all anledning att hoppas, att det rastlösa arbete, som alltjämt fortgår inom telefoniens alla områden, kanske snart nog skall leda till någon mera tillfredsställande lösning af detta problem.

Telefonväsendet i Sverige.* Inom Sverige vann telefonen redan från början en mycket hastig spridning, och i närvarande stund står vårt land i allra främsta ledet med hänsyn till telefonens utbredning och fullkomning.

De första telefonnäten i Sverige anlades af »Bell»-telefonbolaget, en afläggare af det stora amerikanska bolaget med samma namn, och under tillsyn af amerikanska ingeniörer. Sålunda byggdes telefonnät i Stockholm 1880, i Göteborg 1881, i Malmö och Sundsvall samt några smärre städer samma eller närmast följande år. 1881 öppnades i Stockholm ett andra nät, anlagdt af kungl. telegrafverket, för att förmedla förbindelsen mellan statens embetsverk. Följande år anlades äfven af telegrafverket, utom åtskilliga förbindelser mellan telegrafstationer och enskilda affärer, telefonnät i Hernösand och Uddevalla.

Samtidigt med dessa första anläggningar och under den närmast följande tiden började å snart sagdt alla mera betydande platser i landet *telefonföreningar* att

* Efter Teknisk tidskrift (ingeniör Knut Ericsson).

bildas. Dessa föreningar hade till ändamål att för billigaste afgift och utan någon pekuniär behållning bereda sina medlemmar fördelen af telefonförbindelse. Med hänsyn härtill anordnades hela företaget; hvarje medlem fick bekosta sin egen ledning. Att denna ej alltid blef af prima beskaffenhet var då icke att undra på, särskildt vid längre afstånd. En hel del entreprenörer uppträdde, och många åtogo sig ofta liniebyggnader för priser så låga, att det ej var möjligt att därtill använda bästa slags materiel. Då nätet väl var färdigt, kunde det sedan drifvas med en årlig utgift af 25, 20, ja, t. o. m. 15 kr. för hvarje apparat. Emellertid spreds telefonen på detta sätt mycket hastigt. Den afsåg visserligen förnämligast att fylla lokalbehofvet, och alla ledningar voro enkeltrådiga; men dessa telefonföreningars verksamhet äro utan tvifvel ett viktigt led i det svenska telefonväsendets utveckling. En ej oväsentlig orsak till den hastiga spridningen på detta sätt torde äfven hafva varit, att redan vid denna tid de bästa telefonapparater funnos att tillgå från en svensk fabrik, L. M. Ericsson & C:o i Stockholm. Att lusten för samspråk skulle, såsom ej sällan påståtts, vara ett nationaldrag, som äfven härvid bidragit, är kanske icke heller så alldeles omöjligt.

Blef det sålunda billigt att innehafva telefon såsom medlem i en förening, så var det däremot så mycket dyrare att abonnera å telefonförbindelse hos de i de stora städerna arbetande affärsbolagen. Årspriset var i de mindre städerna 125 kr. och i de större 160, och hvad Stockholm beträffar uppgick det till och med för de mera aflägsna stadsdelarna till 240—280 kr. Det var därför ej underligt, att dessa bolag snart fingo konkurrenter. Redan 1883 bildades i Stockholm ett nytt telefonbolag och i Göteborg en telefonförening med syfte att tillhandahålla allmänheten telefonförbindelser för lägre priser. Årsafgifterna i hufvudstaden sänktes slutligen till 100 och 80 kr. Därjämte anordnades ledningar, gemensamma för flera abonnenter, hvarigenom priset kunde ytterligare sänkas, och genom att anordna smärre, sidoordnade stationer har årsagiften numera nedbragts ända till 36 kr. för bostadsapparat, dock med begränsadt antal afgiftsfria samtal. Så väl Göteborgs- som Stockholms-nätet rönte stark tillslutning. Särskildt kan detta sägas om det nya nätet i Stockholm, hvilket snart växte det gamla öfver hufvudet; detta senare blef slutligen såsom en underafdelning införlifvadt med det *Allmänna telefonbolagets* vidtomfattande Stockholms-nät. Detta är det största bland alla enskilda svenska telefonföretag och hufvudsakligen ett verk af bolagets direktör, öfveringeniören H. T. Cedergren. I fråga om tekniska anordningar har detta bolag också vetat att alltid hålla hela sin anläggning i främsta ledet och väl förstått att tillämpa det, som å telefonområdet varit bäst och för dess verksamhet mest lämpligt.

Å andra sidan har statens telegrafverk, särskildt under de senare åren, utvecklat en synnerligen liflig telefonverksamhet. Dess första telefonnät öppnades 1881 i Stockholm, såsom redan förut nämnts. Åren 1883 och 1884 inköptes de af Bellbolaget utförda näten i Skåne, hvarjämte nya nät där anlades i flera städer. Genom byggandet af en dubbelledning mellan Malmö och Lund lades redan då grunden till rikstelefonnätet i Skåne. Vidare anordnades under 1885 de första »sillstationerna» i Bohuslän samt telefonnät i Norrland och annorstädes. Det var dock först med byggandet af de långa interurbana ledningarna som telegrafverkets stora telefonverksamhet tog sin början. År 1889 öppnades den första af dessa långledningar, den mellan Stockholm och Göteborg, hvars ursprungliga, af Bellbolaget anlagda nät med dess utgreningar till närgränsande städer redan året förut inköpts. Under 1890 upplätos

för allmänt begagnande stamledningarna Stockholm—Malmö, 1892 Göteborg—Malmö, 1893 Stockholm—Sollefteå, samma år Stockholm—norska gränsen, därifrån norska staten framdragit ledning till Kongsvinger, Kristiania m. fl. platser. Till Köpenhamn anordnades, likaledes 1893, en telefonförbindelse med kabel öfver Öresund, och i början af 1896 öppnades ytterligare en telefonledning till Norge, utgående från Strömstad. Hvilka långledningar som nu ytterligare komma att byggas, är i det föregående omtaladt.

Samtidigt med de stora liniernas byggande hafva anlagts eller inköpts och ombyggts till dubbeltrådiga en mängd lokalnät öfver hela Sverige, och telegrafverket har på sådant sätt, under generaldirektören E. Storckenfeldts energiska ledning, förvärfvat sig ett största delen af riket omfattande nät, i hvilket de flesta äldre föreningar eller bolag förut tillhöriga telefonnät uppgått. Utom det egentliga riksnätet finnas, synnerligast i Norrland, åtskilliga lokalnät i verksamhet, hvilkas förbindande med stora nätet likväl torde vara endast en tidsfråga.

Vid utgången af år 1895 innefattade *svenska statstelefonnätet* tillsammans 45,078 km. dubbelledningar samt 10,542 km. enkelledningar (däraf 23,016 km. dubbla och 3,046 km. enkla förbindelseledningar). Antalet central- och växelstationer utgjorde 559, och de i hela nätet intagna telefonapparaterna uppgingo till 22,735 stycken. Utgifterna för statens telefonanläggningar samt för inköp af enskilda telefonnät från början af 1881 till slutet af 1895 hafva i rundt tal stigit till ej mindre än 9,400,000 kr.

De enskilda telefonnäten inom riket omfattade vid sistnämnda års slut 38,681 km. ledningar med 19,587 stycken telefonapparater samt 391 central- och växelstationer. Af dessa siffror kommo ensamt på Allmänna och Bell-telefonbolagens nät i Stockholm med omnejd icke mindre än resp. 20,278, 13,087 och 130.

Slutligen må här för jämförelses skull meddelas några uppgifter angående telefonens utbredning i åtskilliga af Europas större städer, beräknade efter antalet telefonabonnenter pr 100 invånare. Detta utgör för Stockholm 4,6, Luxemburg 3,4, Genève 3,4, Helsingfors 3,3, Kristiania 2,5, Hamburg 2,4, Berlin 1,5, Rom 1,0, Wien 0,8, Paris 0,5, Bryssel 0,5, Amsterdam 0,4, S:t Petersburg 0,17, London 0,15.

Stockholm är emellertid icke, som man häraf skulle tro, den relativt telefonrikaste ort i världen. Denna plats lär intagas af dess lilla förstad Djursholm, som har en telefon för hvar 7:e person; därefter kommer Valdemarsvik med en telefon för hvar 12:e invånare; nummer 3 är staden South-Haven i Michigan med en på hvar 16:e person (där finnas emellertid inalles blott 500 invånare), och sedan kommer Stockholm med en på hvar 20:e medborgare.

Telefon eller telegraf? Angående denna fråga torde följande betraktelser af den amerikanske telegrafingeniören P. B. Delany — den framstående uppfinnaren af ett i England och Amerika mycket användt multiplex-telegrafsystem — slutligen förtjäna att här anföras såsom af särskildt intresse med hänseende till den framtida användningen af det ena eller andra af dessa båda korrespondensmedel.

Telefonens raska framsteg ha till stor del berott på den energi och företagsamhet, som dess befrämjare ådagalagt, medan däremot dess äldre och förnämare broder telegrafen visat en benägenhet att kvarstå vid gamla förhållanden. Ett system sådant som telefonens, där hvarje abonnent har sin särskilda apparat, för hvilken en bestämd årsafgift betalas, är synnerligen bekvämt, och i det afseendet kan telegrafen ej mäta sig med telefonen. Hvar och en kan lätt lära sig telefonens användning, och slut-

ligen kan en affär med ens uträttas pr telefon, utan att man, såsom vid telegrafering, behöfver vänta timtals på svar. Just detta sistnämnda är en fördel, som gjort telefonen till så godt som allenahärskande på kortare afstånd, såsom t. ex. inom samma stad. På kortare afstånd skall telefonen därför helt säkert bibehålla sin öfvervikt, och där har den redan undertryckt telegrafen. På stora afstånd torde förhållandet kunna bli helt annorlunda.

Här visar nämligen telegrafen helt andra möjligheter än telefonen. Först och främst behöfver telegrafen blott *en* tråd, medan en lång telefonledning måste bestå af tvenne trådar. Och vidare kan telegrafen begagna sin enda tråd helt annorlunda än telefonen sina två. På telefonlinien New-York—Chicago uppgifves man knappt kunna påräkna mer än 300 ord netto på 5 minuter. Ett sådant samtal kostar 9 dollar, och då har man ändå intet skriftligt att hålla sig till. Visserligen kan man använda specialister att telefonera — hvilket också lär mycket praktiseras på linien Paris—London, där en stor del af samtalstrafiken ombesörjes af speciellt öfvade stenografer, hvilka ögonblickligen nedskrifva svaren —, men detta ökar kostnaden ansenligt. Ett skrifvet telegram på 300 ord kostar nu i Amerika ungefär lika mycket, d. v. s. 9 dollar. I framtiden torde det nog blifva möjligt att genom en 1,000 eng. mil lång telegrafledning med automatisk telegrafering befordra *1,000 ord i minuten* Något sådant kan en telefonledning aldrig åstadkomma af det enkla skälet, att ingen förmår tala så snabbt. Endast få personer kunna i medeltal utsäga mer än 150 ord i minuten, och vid telefonering på långa afstånd får man i allmänhet vara nöjd med hälften. Här möter sålunda ett oöfverstigligt hinder för telefoneringen. Men härtill kommer dessutom, att *telegraftaxorna skola kunna betydligt sänkas*, så att man t. ex. finge ett skrifvet telegram på 300 ord expedieradt för tiondedelen af hvad ett telefonsamtal mellan New-York och Chicago nu kostar. I de stora kulturländerna, där mer än annorstädes tid är pengar, komme då telegrafen att i stor utsträckning *ersätta posten.* — Delany beräknar, att de amerikanska *telegraflinierna för närvarande ej utföra mer än 5 proc. af det arbete de kunde åstadkomma.* Nu kan man räkna minst 40 bref mot 1 telegram; men med en betydligt sänkt taxa skulle telegrafen sluka en massa korrespondens, som nu går pr post, ty den stora tidsbesparingen skulle uppväga den större kostnaden. Telefonen skulle då på långa afstånd begagnas endast vid ytterst brådskande fall, och telegrafen finge nyttigt användande för de ännu slumrande 95 proc. af dess arbetsförmåga. I korthet sagdt, när telegrafen reser sig i hela sin makt, skall telefonen på långa afstånd ej blifva någon så farlig konkurrent till den.

Hvad framtidens telegraf skall förmå uträtta, och hur den kommer att blifva beskaffad, angifver författaren med följande ord.

Utvecklingen af framtidens telegraflinier kommer att hålla jämna steg med deras betydelse såsom kommunikationsmedel. Järnstolpar, nedsatta i en cementgrund, liksom de bästa elektriska järnvägsstolplinier, grofva koppartrådar, skyddade ofvantill och inunder af starka skyddstrådar af stål, oomtvistad rätt att framdraga linierna kortaste vägen, se där de mest karakteristiska dragen af framtidens postförande telegraflinier! Korrespondensen å dessa kopparledningar skall förmedlas efter snabbskriftssystem. När det en gång bevisas vara praktiskt utförbart att befordra 1,000 ord i minuten i tydlig Morse-skrift genom en ledning af 1,000 eng. mils längd, skola alla fördomar, som omgärda de gamla systemen och metoderna rörande det telegrafiska kommunikationsväsendets teknik, fullständigt bortsopas. En punsapparat och

en skrifmaskin skola i själfva verket spela rollen af afsändande och mottagande telegrafister; och omkring 40 stycken sådana skola kunna anbringas vid hvardera änden af en enkelledning. Kan det under sådana omständigheter betviflas, att telegrafen i den närmaste framtiden kommer att blifva det allmänna kommunikationsmedlet? Stora förändringar hafva redan vidtagits i jämförelsevis nya korrespondensmetoder. För att klargöra detta för sig behöfver man ej gå så långt tillbaka som till ridande postbud, postjakter och diligenser. Ännu för 20 år sedan skref en affärsman själf sina bref, och hart när oläsliga handstilar befordrades af posttåg med en hastighet af 20 eng. mil i timmen. Nu för tiden däremot dikteras sannolikt öfver 90 procent af alla affärsbref för stenografer, och tydligt skrifmaskinstryck ilar framåt med en hastighet af 40 eng. mil i timmen. Framtidens bref skola dikteras för en stenograf, som, i st. f. att skrifva ned dem med skrifmaskin, punsar eller perforerar dem å en pappersremsa. Denna pappersremsa sändes till telegrafstationen, hvarest den insättes i en automatisk snabbskriftstelegrafapparat, och inom en eller ett par sekunder är meddelandet framme å adresstationen. Mottagningsremsan aflämnas direkt till adressaten, hvarefter den tydliga Morse-skriften medelst en skrifmaskin öfversättes till boktrycksskrift af adressatens stenograf. Stora affärsfirmor skola sålunda själfva punsa och öfversätta remsorna och därigenom vinna ansenlig besparing i de vanliga telegramafgifterna. För dem skall telegrafen helt enkelt blifva en elektrisk budbärare, som icke har något annat att skaffa med deras korrespondens än att låta remsan gå igenom maskinen. Sådana meddelanden skola lika litet läsas af telegrafisterna, som öppna postförsändelser nu läsas af posttjänstemännen. Detta skall i själfva verket göra all sådan korrespondens hemlig, emedan den punsade remsan kan återtagas, så snart den har begagnats. Innehållet af meddelandena skall icke påtvingas tjänstemännen, såsom nu är fallet. Tidningar, järnvägsbolag eller andra stora affärsföretag, hvilka nu ofta måste taga sin tillflykt till chiffer eller codes för att förhindra »läckage», skola med glädje hälsa förmånen att på detta sätt bevara sina hemligheter.* Några få veckors öfning är allt, som är erforderligt för att lära sig med lätthet afläsa skriften från telegrafremsan; och färdighet i att handtera punsapparaten kan lika hastigt uppnås, så att till maskinskrifvarens många färdigheter kommer att läggas äfven punsning och öfversättning af telegrafspråket. Öfversättning af Morse-skrift är lättare än af stenografskrift, emedan den senare skriftens många tvifvelaktiga eller otydliga teckenelement icke ingå i den förra.

Dessa betraktelser må visserligen i ett och annat förefalla öfverdrifna; men: den som lefver får se!

Särskilda användningar af telefon och mikrofon.

Telefonens bekväma handhafvande har skaffat densamma en vidsträckt tillämpning i nutidens krigsväsende vid sidan af fälttelegrafen. Ett exempel på anordningen af sådana apparater visar fig. 639, som framställer den ofvan omnämnda, till svenska fälttelegrafmaterielen hörande *fälttelefonen*, af L. M. Ericssons konstruktion. Den består af en signalinduktor med ringverk, mikrofon och hörtelefon, åskledare och växel, alltsammans inneslutet i en trälåda, hvars lock är försedt med särskildt fack

* Ofvanstående ang. telegramhemlighetens bevarande gäller icke länder, där telegrafisterna äro edsvurna, såsom Sverige jämte flertalet öfriga europeiska länder. *Red:s anm.*

för hörtelefonens förvaring under transport. Batteriet inneslutes i särskild låda. Vid påringningen ställes hörtelefonen så, som fig. visar, för att sluta strömmen. Den lilla apparaten väger blott 5 kg. En nyare konstruktion af denna apparat, med mikrotelefon, har äfven Leclanché-elementen inneslutna i lådan. Den begagnas inom svenska flottan.

Då det i synnerhet är vid förposterna, som telefonen kan göra god nytta genom snabba meddelanden till hufvudstyrkan, har man äfven för sådant ändamål konstruerat en särskild *förposttelefonmateriel*. Telefonförbindelsen mellan förposten och truppen bör gifvetvis snabbt kunna åstadkommas och vid behof lika snabbt åter borttagas. På grund häraf använder man, då fråga är om kortare ledningar, tunna, synnerligen starka och lätta kablar, hvilka utan vidare utläggas på marken. För att en sådan kabel skall kunna bekvämt transporteras, utläggas och upptagas, är den upplindad å en rulle, hvilken soldaten bär i en större ränsel. Denna innehåller äfven själfva apparaten, som genom en stark slang är förenad med den vid soldatens bröst hängande hörtelefonen. Denna tjänar tillika som afsändningsapparat genom insättande af en

Fig. 639. Ericssons fälttelefon.

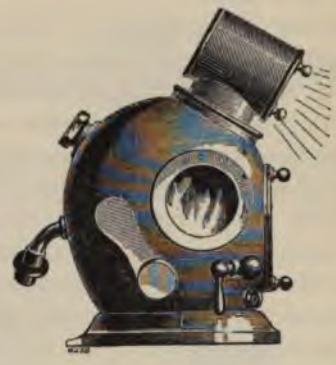


Fig. 640. Dykarhjälm med glödlampa.

liten trumpet. Kabelutläggningen sker helt enkelt så, att två apparaters kabeländar hopskarfvas, hvarefter båda bärarne gå åt hvar sitt håll. Vid upptagningen flyttar soldaten ränseln fram på bröstet och vefvar in kabeln på dess rulle. Hela apparaten väger blott 15 kg. och är således icke tung att bära.

Men icke blott i människornas kamp mot hvarandra kan telefonen vara af gagn; den finner stor användning i en långt ädlare strid — människans strid mot naturkrafterna. I förening med den elektriska lampan åtföljer telefonen *dykaren* i djupet och upprätthåller förbindelse mellan honom och fartyget. Fig. 640 visar en dykarhjälm, utrustad med dessa båda nutida hjälpmedel, af hvilka likväl telefonen icke kan synas å bilden, emedan den naturligtvis måste finnas inuti hjälmen för att vara åtkomlig för dykarens mun och öra. Glödlampan är fäst i en behållare öfverst å hjälmen på sådant sätt, att den upplyser dykarens arbetsfält i vattnet. Lampan och telefonen stå genom isolerade kablar i förbindelse med fartyget.

En sådan lätt kabel begagnas äfven ofta för att telefoniskt förbinda ett *fartyg i hamn* med telefonnätet å land, så att meddelanden utan tidsförlust kunna bringas till och från fartyget. Då tyske kejsaren sommaren 1895 besökte Stockholm, utlades

till hans ångjakt »Hohenzollern» sådana kablar, hvilka ställde kejsarfartyget i förbindelse med hela svenska telegraf- och telefonnätet.

En just icke vacker användning har mikrofonen fått, då man fullkomligt obemärkt vill *lyssna* på hvad som talas i ett rum. I rummet hänger t. ex. en tafla, som hvarken genom sin storlek eller genom sitt konstnärliga utförande är ägnad att väcka någon uppmärksamhet. Men i verkligheten kan den nog förtjäna att närmare undersökas: duken döljer ett membran, och bakom detta finnas kontaktdelar af vanlig form, som göra taflan till en mycket känslig mikrofon. Genom två icke märkbara trådar ledes mikrofonströmmen till taflan och vidare till ett annat rum, där hörtelefonen är anbragt. Man kan på detta sätt i hörtelefonen tydligt uppfatta ett samtal, som försiggår i det rum, där taflan hänger, mellan personer, som icke kunna tro annat än att de äro fullkomligt säkra för lyssnare. — I fängelser begagnar man stundom dylika apparater för att kunna lyssna till fångarnes samtal. Ett sådant tillvägagångssätt kan måhända härvidlag någon gång vara berättigadt; men i de allra flesta fall må man hoppas, att den, som begagnar sig af dylika knep för att obehörigt få del af andras hemligheter, skall få sanna det gamla ordspråket, att »lyssnaren får höra sin egen skam».

Genom på lämpligt sätt uppsatta kraftigt verkande mikrofoner och telefoner kan *musik* från en opera eller en konsertsal öfverföras till en aflägsen plats. — Ett intressant experiment med musiktelefonering gjordes på en elektrisk utställning i Wien. En pianospelare, en violinist och en sångerska gåfvo tillsammans en konsert, men de tre konstnärerna befunno sig icke på samma ställe utan voro skilda flera mil från hvarandra samt telefoniskt förenade så väl sinsemellan som med utställningen. Det oaktadt stämde tonerna förträffligt öfverens. Det ligger således ej utom möjlighetens område att ställa till en konsert, där icke endast åhörarne sitta hemma hos sig utan äfven de utförande konstnärerna äro på hvar sitt håll.

Hörtelefonens utomordentliga känslighet gör densamma särdeles användbar för upptäckandet af mycket svaga strömmar, i synnerhet växelströmmar, äfvensom på grund häraf som hjälpinstrument vid *elektriska mätningar*. Den användes sålunda stundom i stället för galvanometer vid motståndsmätningar med Wheatstone's brygga, äfvenså då man vill undersöka, om afbrott eller andra fel finnas å en ledning, exempelvis på ett kort kabelstycke eller en åskledareanläggning. Hörtelefonen kan äfven i vissa fall med fördel begagnas vid bestämmandet af ett fels *läge*. Gäller det t. ex. att å en i öfrigt synbarligen oskadad kabel, å hvilken en afledning å ledaren förefinnes, taga reda på själfva felstället, kan man i kabelns ena ände insläppa en oscillerande ström, t. ex. från ett batteri med strömbrytare, hvarefter en trådspiral — en vanlig solenoid med tillräckligt antal lindningshvarf —, mellan hvars båda ändar en hörtelefon är insatt, föres fram utefter kabeln. Till följd af induktion i trådspiralen blifva strömvibrationerna hörbara i telefonen, så länge man undersöker kabeln å samma sida om felet, där batteriet finnes. Så snart felet passerats, upphör ljudet i hörtelefonen, och det blir härigenom ganska lätt att noga bestämma afledningens läge. Man har på detta sätt lyckats att till och med taga reda på läget af fel i jordkablar genom att helt enkelt hålla induktionsrullen intill marken ofvanför kabeln.

Direktören för vattenverket i Altona, Kümmel, som ofta hade att afhjälpa otätheter i vattenrören, kom på den tanken, att mikrofonen möjligen kunde användas för att upptäcka läget af dessa fel, nämligen genom att göra ljudet af det utsippande vattnet hörbart. Han intresserade en herr A. Paris för sin idé, och denne

konstruerade det i fig. 641 afbildade instrumentet. En trefot, som lätt kan sammanläggas och transporteras, uppbär en lodrät staf af hårdt trä eller annat material, som leder ljudet väl och i öfre änden är försedd med en känslig mikrofon. Till apparaten hör ett litet batteri med ledningstrådar och en kontaktinrättning K för in- och urkoppling af batteriet; med mikrofonen är en hörtelefon, T, förbunden. Om trästafvens nedre ände anbringas mot en hufvudkran eller ett vattenrör, så förnimmes i hörtelefonen ett rasslande ljud, så vida någon otäthet i rörledningen finnes i närheten.

Fig. 641. Telefonapparat för upptäckande af läckor å vattenledningar.

Mikrofon och hörtelefon i förening kunna vidare vara af god nytta, då man behöfver omsätta mycket små rörelser i hörbara ljud. På ett liknande sätt har man ock användt mikrofonen för att till ett elektriskt urverk öfverföra sekundknäpparna från ett astronomiskt ur, hvars gångverk man ej vill belasta med kontaktinrättningar. Knäpparna uppfångas af mikrofonen och alstra i dess ledning strömvågor, hvilka med tillhjälp af ett relä sluta strömmen i

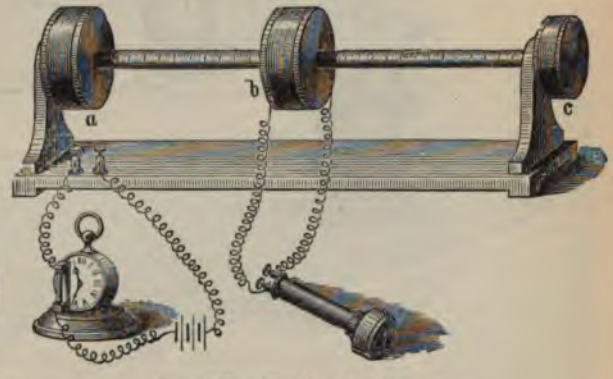


Fig. 642. Hughes' audiometer.

det elektriska urets strömkrets, hvarvid detta senare ur således erhåller fullkomligt samma gång som det förstnämnda. På sista tiden har man härutinnan gått än längre, i det man låter pendeln till ett astronomiskt ur vid hvarje svängning afskära en ljusstråle, hvilken annars träffar en radiofon (se längre fram). Därvid uppstår en strömvåg för hvarje afbrott af ljusstrålen, men pendeln erfar naturligtvis vid sin gång genom strålen icke det ringaste hinder i sin rörelse.

Äfven inom läkekonsten kunna telefonapparater vara till gagn. Exempel härå äro *audiometern* och *induktionsvågen*, båda konstruerade af Hughes.

Audiometern tjänar till att bestämma graden af örats hörselförmåga. Den består af tre trådspolar (fig. 642), anbringade å en vågrät skala och hvaraf den ena, b, kan skjutas fram och tillbaka på skalan, hvaremot de andra båda, a och c, äro fästa vid skalans ändar; spolen c är betydligt mindre än de båda andra, som sinsemellan äro lika. Strömmen från ett litet batteri får gå genom en mikrofon, fastsatt å ett ur, och vidare genom spolarna a och c. Därvid induceras strömmar i b, hvilka i den med b förenade hörtelefonen återgifva urets knäppningar. Som emellertid spolarna a och c äro så lindade, att nämnda induktionsströmmar få *motsatta*

riktningar, finnes det gifvetvis en punkt å skalan, ej långt från den mindre spolen *c*, där induktionen, om *b* befinner sig i denna punkt, är noll och där således hörtelefonen är alldeles tyst. Om nu *b* efter hand skjutes mot *a*, växer ljudets styrka i telefonen så småningom, och alltefter hörselns finhet kan man urskilja detta ljud vid större eller mindre afstånd mellan sistnämnda spolar.

En fullt noggrann bestämning i visst mått af hörselskärpan kan emellertid icke vinnas med denna apparat, emedan därtill skulle fordras, att de af mikrofonen alstrade strömvibrationerna alltid vore fullkomligt lika. Detta kan emellertid näppeligen med absolut säkerhet ernås.

Hughes' *induktionsväg* är afsedd att användas, då någon träffats af ett skott, för att upptäcka kulans läge i kroppen. Två rörstycken af ebonit (fig. 643) äro omlindade med två likadana trådspiraler, förenade efter hvarandra och intagna i en primär ledningskedja med batteri och mikrofon-ur. Å samma båda ebonitrör finnas därjämte två sinsemellan lika sekundärspiraler, men lindade i motsatt led och med en hörtelefon inlänkad i ledningen. Genom att närma eller aflägsna trådspiralerna å

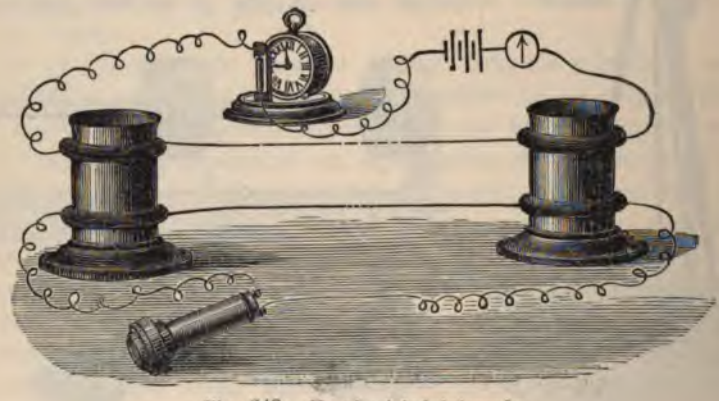


Fig. 643. Hughes' induktionsväg.

ettdera röret i förhållande till hvarandra kan man justera apparaten, så att urets knäppningar ej alls höras i telefonen: de inducerade strömmarna i de båda sekundära lindningarna upphäfva då hvarandra. Men om ett metallstycke föres intill något af ebonitrören, störes jämvikten i induktionen, och telefonen börjar ljuda.

Vid apparatens användande föres det ena röret utefter den sårades kropp, till dess urets tickande höres i telefonen, då man däraf sluter, att man med röret är i närheten af kulan. Därefter vänder man på röret, tills telefonen afger sitt starkaste ljud: kulan är då att finna i rörets axelförlängning. — Induktionsvågens praktiska begagnande är emellertid förenadt med åtskilliga svårigheter, och den har därför föga användts. Numera har man ju äfven i Röntgen-strålarna funnit ett utmärkt medel att noga bestämma metalldelars läge i människokroppen.

Fonografen m. m.

Liksom elektrisk energi kan *framledas* genom en metalltråd och *uppsamlas* uti ackumulatorer, så förmå vi äfven magasinera ljudet — hvilket ju äfven kan med telefonens hjälp fortplantas till vidt skilda orter —, så att det lång tid efteråt kan

återupprepas. För sådant ändamål betjänar man sig af den kända apparat, som erhållit namnet *fonograf* — »ljudskrifvare». Visserligen har fonografen ingenting direkt med elektriciteten att göra, då så väl ljudets fixerande som dess senare återgifvande ske på rent mekanisk väg. Men vi upptaga den likväl här till beskrifvande i sammanhang med telefonen och dess tillämpningar, då den på sätt och vis kan räknas som en kompletteringsapparat till telefonen och då den för öfrigt i framtiden kanske kommer att spela en stor roll i förening med telefonapparaterna.

I det föregående är visadt (sid. 487), huru en ton kan grafiskt framställas i form af en våglinie. Vi antaga nu att en sådan linie, i stället för att vara ritad å ett sotadt papper, är ingraverad mer och mindre djupt å ytan af en vaxcylinder,

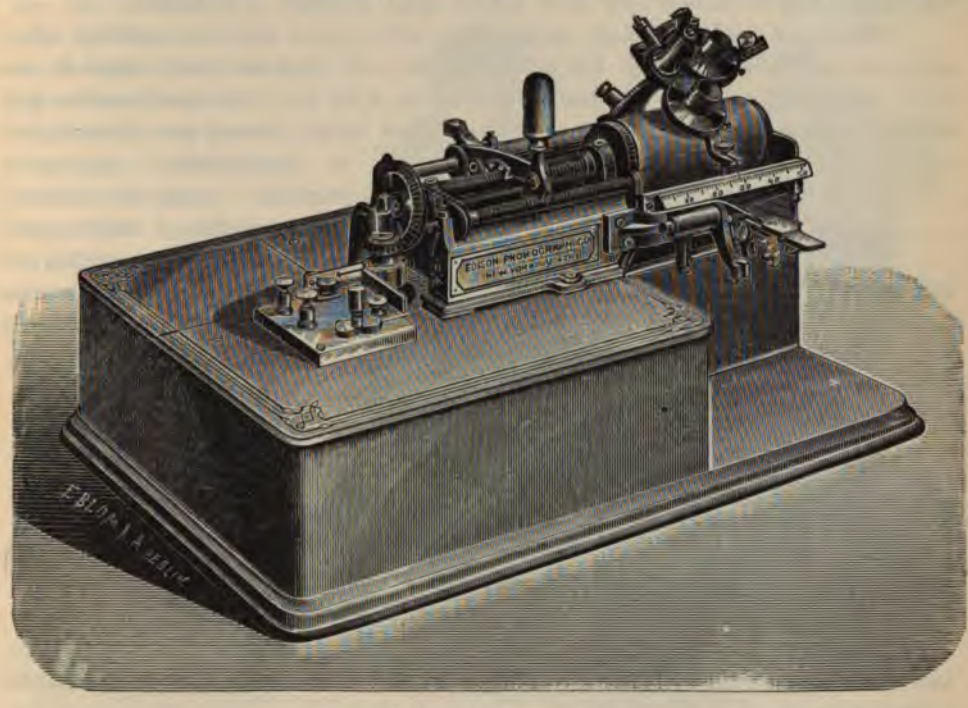


Fig. 644. Edisons fonograf.

och vidare att en lättrörlig stämgaffel, hvilken å sin ena skänkel har ett fint stift, är så inställd, att stiftet stöder mot en punkt i våglinien. Om cylindern vrides, så att stiftets spets tvingas att följa vågliniens höjningar och sänkningar, måste stiftet, och därmed äfven stämgaffeln, röra sig på ett sätt, som motsvarar dessa böjningar. Kringvrides cylindern med samma hastighet, som den hade, då våglinien bildades, så måste stämgaffeln tydligen vibrera med samma svängningstal, d. v. s. återgifva samma ton, som den uppritande stämgaffeln haft. Om denna senare ursprungligen alstrat flera toner i följd efter hvarandra, så komma dessa att återgifvas i samma ordning. Kan man nu åstadkomma en inrättning, som direkt inristar i vaxet hvarje dit framkommande ton, så är därmed möjligheten af ljudets magasinerande vunnen.

På nu antydt sätt hafva åtskilliga uppfinnare sökt att praktiskt lösa problemet i fråga; den, som till slut bäst lyckades därmed, var den ryktbare Edison, hvars fonograf upptager så väl toner som artikulerade ljud och sedan är i stånd att tydligt återgifva

dem. Edisons fonograf — som förevisats i Sverige flerstädes och därför här torde till det yttre vara ganska allmänt känd — framställes, sådan den numera tillverkas, uti fig. 644. Dess hufvudsakligaste del är en med vaxmassa öfverdragen mässingscylinder, hvars axel kringvrides af ett urverk eller af en liten elektrisk motor. Öfver cylindern befinna sig apparaterna för ljudets mottagande eller återgifvande (fig. 645 och 646). Den förra består af ett rundt membran, infattadt i en metallring och täckt af ett lock försedt med ljudöppning, öfver hvilken en slang med munstycke fastsättes. Talar eller sjunger man i munstycket, träffas membranet af ljudvågorna och kommer därvid i en motsvarande vibrerande rörelse. I midten af membranets undre yta är fäst en liten fin nål, hvilken med sin spets berör vaxmassans yta och vid membranets vibrationer mer eller mindre djupt inträngar i densamma.

Membranet med tillhörande apparatdelar sitter på en arm, som uppbäres af en slädinrättning, hvilken föres åt höger eller vänster, allt eftersom valsen vrides åt ena eller andra hållet. För att denna förskjutning skall ske i öfverensstämmelse med valsens rotation, är släden genom en särskild med mutter försedd arm förenad med en skrufspindel å apparatens framsida. Genom en drifsnodd sättes spindeln i rörelse utaf valsens axel, hvadan släden och därmed äfven stiftet då komma att förskjuta sig på bestämdt

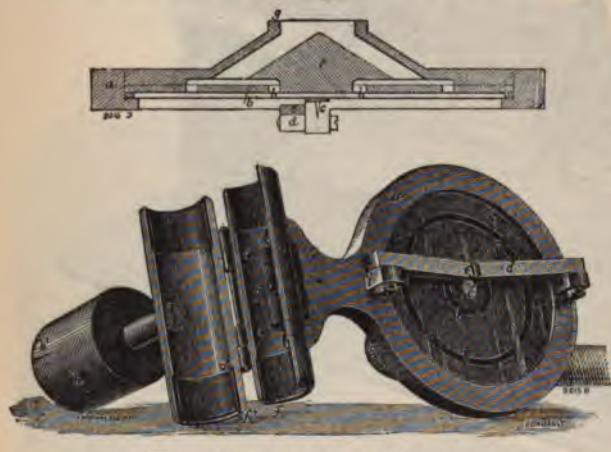


Fig. 645 o. 646. Skrifapparaten i fonografen.

Fig. 647. Skrifstiftets verkan i vaxcylindern.

sätt i förhållande till cylinderns vridning. Då denna roterar, inristar stiftet således i vaxöfverdraget en fin skruflinie.

Så länge membranet är i hvila, kommer denna linie att öfverallt erhålla samma djup, men så snart membranet under inflytande af ljudvågorna vibrerar, blir spårets botten en ojämn linie, än högre och än lägre, såsom fig. 647 visar i förstorad skala. I dessa vågformiga ojämnheter äro alltså membranets rörelser fixerade, och efter hvad förut blifvit sagdt, är det nu ej svårt att inse, huru man kan nyttja det så erhållna spåret till att sätta i rörelse ett liknande men böjligare membran, äfvenledes försedt med ett stift, som får glida mot spårets vågformiga botten. Detta membran sitter på samma arm som det första membranet och i en fattning, hvilken genom vridning kan bringas till den förstas plats. Äfven till det andra membranet leder en slang, smalare än den förstnämnda och delande sig i två grenar, hvilka sluta i små böjda ebonitrör att insticka uti öronen för att tydligt kunna uppfatta det af fonografen återgifna ljudet.

För att göra vaxytan fullkomligt jämn brukar man afsvarfva densamma med en liten knif, för hvilkens fästande en särskild inrättning finnes å släden. Detta

måste tydligtvis alltid ske, då en ljudskrift blifvit utsliten, och vaxytan skall beredas att mottaga ett nytt fonogram.

Då apparaten skall användas, sättes fixeringsmembranets skrifstift mot en punkt på vaxöfverdraget intill cylinderns högra ände, och verket igångsättes, så att cylindern roterar, under det man talar i slangens munstycke. Vid talets slut eller då skrifstiftet kommit till cylinderns andra ände, föres armen med membranet undan, så att axeln kan upplyftas, hvarefter cylindern borttages och ersättes af en ny. De fullskrifna rullarna tillvaratagas och kunna sedan insättas i samma eller någon annan fonograf för att återgifva sitt innehåll. För detta ändamål behöfver man blott träda rullen på fonografens axel samt inpassa talmembranets stift på begynnelsepunkten af den på rullen ingraverade skruflinien. Samma fonogram kan återgifvas flera gånger, men likväl ej till obegränsadt antal, enär våglinien i vaxet småningom utnötes. Man har därför försökt att i stället för den ursprungliga skriftcylindern för talets återgifvande använda galvanoplastiskt tagna kopior, hvilka ju kunna åstadkommas i hur många fullkomligt lika exemplar som helst.

Fig. 648. Tainters grafofon.

Å de första fonograferna begagnade Edison i stället för vaxmassan ett stanniolblad, i hvilket det vibrerande membranet inpunkterade sina svängningar. Men härvid gick ljudets artikulation till största delen förlorad; stanniolen var endast i stånd att upptaga själfva grundtonen men icke dess bitoner. Denna fonograf hade alltså samma hufvudfel som Reis' telefon.

Vid ungefär samma tid som Edison fått sin förbättrade fonograf färdig, framkom en annan amerikan, Tainter, med en apparat af samma slag, hvilken likväl i hufvudsak icke skiljer sig från Edisons. Den enda väsentliga olikheten är den, att axeln i Tainters apparat drifves genom trampning med foten såsom på en symaskin. För att likväl kunna vinna fullkomligt jämn rotationshastighet försågs apparaten med en särskild regulator, synnerligen verksam och väl konstruerad. För fonografens praktiska användbarhet var denna förbättring icke oväsentlig, då drifkraften härigenom erhålles på enklaste och billigaste sätt. Fig. 648 visar en sådan apparat, af sin uppfinnare benämnd »*grafofon*», i verksamhet, mottagande ett med-

delande; fig. 649 visar samma apparat, då den återgifver ett sådant till en renskrifvare, som samtidigt å en skrifmaskin nedskrifver meddelandet.

För några år sedan gjorde tidningarna i hela världen, såsom kanske läsaren erinrar sig, mycken reklam för fonografen: hvar dag hade de något nytt att berätta om »Mr Phonograph». Om allt, hvad tidningarna då skrefvo, varit sant, borde alla stenografer vid det här laget varit öfverflödiga, emedan fonografen utförde deras arbete mycket bättre, billigare och säkrare. Man behöfde icke vidare besvära sig med att *skrifva* bref, utan man talade till fonografen hvad man ville hafva sagdt — och skickade så vaxrullen i väg med posten.

Sångaren skulle sjunga sina arior hemma och däraf sända fonografiska kopior i mängd till alla, som ville höra dem. Lånbiblioteken skulle icke behöfva hafva tryckta böcker, endast fonografrullar, och hvar och en kunde få *höra* romanerna i stället för att *läsa* dem. Ville man lära sig ett främmande språk, hade man endast att lyssna till en fonograf, och genast skulle ord och fraser med det renaste uttal strömma till örat. — Sådant och mycket mera hoppades man af den nya uppfinningen — i tidningarna, men af alla de vackra löftena hafva mycket få hittills blifvit uppfyllda. Orsaken därtill är lätt förklarad. Alla dessa historier utspredos af de personer, som hade förvärfvat rätten till Edisons uppfinning, för att patenten så mycket lättare skulle kunna säljas till höga pris.

Fig. 649. Grafofonmeddelande upptecknas med skrifmaskin.

Vill man opartiskt bedöma denna Edisons uppfinning, måste man för visso pruta af icke så obetydligt af dess påstådda värde. Fonografen är, åtminstone i dess nuvarande skick, ingen i praktiken användbar apparat. Oafsedt den stora kostnaden (hvilken genom fabriksmässig tillverkning nog skulle kunna betydligt nedsättas) har apparaten olägenheten att vara mycket svår att rätt begagna, hvarförutom afhjälpandet af tillfälliga fel, hvilka lätt förekomma i den känsliga mekanismen, ligger helt och hållet utom förmågan hos allmänheten. Vidare är det en stor brist, att vaxrullen ej kan upptaga mer än ett ringa antal ord; den är »fullspråkad» redan efter några få minuter. En tämligen stor korrespondens skulle kräfva ett ansenligt antal vaxrullar per dag. Slutligen är äfven fonografens uttal af orden långt ifrån fullkomligt tydligt; stundom kunna rätt svåra missförstånd uppkomma. Hvad angår upptagandet af steno-

grafiska referat, t. ex. från riksdag eller rättsförhandling, så är fonografen, sådan den hittills varit utrustad, för detta ändamål alltför okänslig; man måste ju för att däråå göra tillbörligt »intryck» tala i ett särskildt munstycke.

Fonogramms försändande såsom paket, i stället för bref, blefve alltför dyrt, så vida portot icke blefve nedsatt för dylika försändelser, och detta rätt mycket ändå, hvilket väl knappast vore troligt.

Att fonografen för korrespondensändamål är af ringa värde, erkändes snart nog äfven af det amerikanska fonografbolaget. En ganska stor utbredning har däremot fonografen erhållit såsom leksak, i de *talande dockorna*. I stället för stoppning med kli eller sågspån innehåller dockkroppen en fonograf af primitiv konstruktion (fig 650), på hvars vaxrulle äro »intalade» några lämpliga ord, som dockan när som helst kan återupprepa. Huru länge barnets fröjd öfver en sådan leksak kan vara bestående, lämna vi därhän — *ett* afgjordt företräde har dock en dylik docka. Då nämligen lille Karl med smågossars vanliga forskningslust naturligtvis förr eller senare skär upp sin egen eller ännu hellre lilla systers docka, finner han däri, i stället för det vanliga intresselösa innanmätet, någonting mera reellt, något som lämpar sig för fortsatt närmare undersökning.

Fig. 650. Dockfonograf.

På allra senaste tid synas emellertid sådana förbättringar i fonografen ha blifvit vidtagna, att denna apparat kan med fördel komma till användande för nyttigare ändamål. I Amerika lär den sålunda numera på vissa ställen med fördel användas i språkundervisningens tjänst för bibringande af korrekt uttal, och nyligen har en fransman Dussaud genom att med fonografen förena en mikrofon åstadkommit ett instrument benämndt *mikrofonograf*, som lofvar att blifva icke blott till mycken nytta i allmänhet utan till fröjd och välsignelse för en hel klass af olyckliga människor, nämligen döfva och döfstumma. Den har nämligen förmågan att återgifva äfven de svagaste ljud i otrolig grad förstärkta, således hörbara äfven för den, som befinner sig på längre afstånd från apparaten eller har mycket svaga hörselorgan. De svaga ljuden uppfångas först af en mikrofon och föras genom en af 60 små kvicksilfversulfatelement framkallad elektrisk ström till några små elektromagneter, som verka på skifvans membran. På detta sätt har man kunnat inrista bland annat hjärtslagen hos en människa med alla deras fina variationer, de olika slags ljuden i hjärta, lungor och andra kroppsdelar — till mycket gagn för läkaren och hans vidare observationer angående sjukdomstillståndet m. m. Vid ljudens återgifvande öfverföras

ljudmembranets vibrationer till mikrofonen, som genom galvanisk strömledning från flera eller färre element fortplantar dem till en vanlig telefonisk hörlur. Mikrofonografens känslighet är beroende på antalet använda element, hvadan den äfven kan användas som *döfhetsmätare*.

Elektrisk fjärrskådning. Det lyckliga resultat, hvartill man i och med telefonens uppfinning kommit i afseende på ljudets öfverförande på elektrisk väg, har uppmuntrat till försök att på något liknande sätt öfverföra ljusvågor för att därigenom möjliggöra elektrisk fjärrskådning. Visserligen låter ljuset mycket väl omsätta sig i elektricitet, och man har för detta ändamål konstruerat särskilda »*ljuselement*». Men därmed var målet långt ifrån uppnådt. Problemet i fråga skiljer sig väsentligt från telefonproblemet och erbjuder många flera svårigheter. I fråga om ljudet finnes det i hvarje ögonblick endast *en* rörelse att fortleda, och örat upptager dessa på hvarandra följande rörelser eller förändringar och sammanställer dem till en ton eller annat ljud. Men då det gäller att öfverföra t. ex. en bild, måste ljuset från en oändlig mängd nära hvarandra liggande punkter *samtidigt* fortplantas, och punkterna återgifvas icke blott i anseende till färg och ljusstyrka utan äfven till sitt inbördes läge. Denna uppgift har hittills icke på långt när blifvit löst.

En viss möjlighet för problemets delvisa lösning förefinnes emellertid, om man afstår från det *samtidiga* öfverförandet af alla punkternas ljusbilder och i stället låter dem återgifvas i snabb följd efter hvarandra. För detta ändamål skulle man efter hvartannat medelst en ledningstråd förbinda hvarje punkt af bilden med motsvarande punkt på mottagningsapparatens tafla och på detta sätt öfverföra färg och ljusstyrka för hvarje särskild punkt. Härtill erfordrades tvenne fullkomligt synkrona urverk, som liktidigt förde ledningens båda ändar öfver motsvarande punkter på bilden och mottagningstaflan. Men antingen måste alla punkterna så utomordentligt snabbt genomlöpas efter hvarandra, att bilden af den första punkten kvarstår i ögat med tillräcklig tydlighet, ännu när den sista punkten återgifves, så att hela bilden på en gång synes framträda, eller ock måste alla punkterna fixeras å mottagningstaflan, liksom man fixerar ljusbilden på en fotografisk plåt.

Det sistnämnda sättet borde tydligtvis vara det enklaste och äfven med minsta svårighet kunna tillämpas. I ena som i andra fallet måste man likväl först och främst inskränka sig till att återgifva de olika punkternas ljusstyrka, ja, endast de båda ytterligheterna hvitt och svart, streck och konturer. Men icke ens så långt har man ännu med säkerhet hunnit.

På enklaste sätt kan elektrisk bildöfverföring åstadkommas genom att taga till hjälp en inrättning, konstruerad på samma grunder som kopieringstelegraferna. Inuti en kamera och i själfva den yta, där ljusbilden i kameran uppstår, föres ett litet stycke *selen*, mindre än ett knappnålshufvud, fram och tillbaka i parallela linier tätt bredvid hvarandra. Metallen selen har nämligen den märkliga egenskapen, att dess elektriska ledningsförmåga ändras alltefter olika stark belysning på det sätt, att motståndet minskas, ju starkare ljuset är. Nu kan man ställa så till, att en elektrisk ström utsändes uti en med selenstycket förenad ledning i hvarje ögonblick, då motståndet är jämförelsevis stort, d. v. s. då selenstycket befinner sig i en *mörk* punkt af ljusbilden i kameran. Denna ström framgår genom ledningen till mottagningsapparaten, där den får gå genom en metallspets och ett prepareradt papper, å hvilket då en blå punkt uppkommer, på samma sätt som vid de förut beskrifna

kopieringstelegraferna. Om nu metallstiftets rörelse på papperet är fullkomligt liktidig med selenstyckets i ljusbilden, så erhåller man för hvarje mörk punkt på denna senare en blå punkt på det förra, och bilden blir till slut tecknad i blått och hvitt på det preparerade papperet. Ett snarlikt förfaringssätt är patenteradt af en ung svensk, R. Berglund i Göteborg, dock med användande af en något annorlunda beskaffad »mottagningsapparat». Den nyligen fullbordade modellapparatens mekanism uppgifves arbeta på ett fullt tillfredsställande sätt.

I stället för selencellerna eller de fotoelektriska elementen har man försökt använda en annan verkning af ljuset, »*radiofonien*», för att lösa problemet. Utsätter man en tunn skifva af något ämne, hvilket som helst, för en intermittent ljusstråle, således för en följd af på hvarandra följande ljusstötar, så afgifver skifvan en ton. Emellertid ägna sig härför olika ämnen icke lika bra; synnerligen goda äro ebonit och lampsot eller sotade skifvor. Den starkaste verkan erhålles, om en ihålig kropp fylles med sotad, ytterst fin metallväf och ljusstrålen får falla därpå.

Någon praktisk betydelse har ingendera af dessa anordningar ännu vunnit; huruvida någon annan än den nyssnämnda svenska uppfinningen hunnit längre än till förslag på papperet är icke bekant.

Till något mera lif har en uppfinning af N. S. Amstutz, Cleveland, Ohio, kommit. Denna uppfinning, *artografen*, afser nämligen att åstadkomma klichéer medelst elektrisk öfverföring, hvilka i aftryck återgifva originalet. Af den plana originalbilden framställes först en reliefbild, å hvilken skuggorna utmärkas med fördjupningar, dagrarna med upphöjningar. Detta sker medelst det redan länge kända förfaringssättet att låta ljusstrålarna genom originalbildens fotografiska negativ falla på en där under liggande kromgelatinplatta. De belysta delarna af plattan blifva därvid olösliga, hvaremot de svagt eller alls icke belysta ställena blifva lösliga, så att de kunna borttvättas med ljumt vatten. Den så erhållna reliefplattan böjes kring en metallcylinder, hvilken därefter införes i afsändningsapparaten. Denna senare har en häfstång, som med ett stift ligger an mot cylindern och är anbringad på en gängad axel, hvilken vrider sig samtidigt med cylindern, så att häfstången småningom förskjutes i dennas längdriktning. Stiftet kommer därigenom att vid valsens rotation efter hand beröra alla punkter på denna och således noga följa reliefplattans yta. Häfstången måste då ömsevis höja och sänka sig och verkar därvid som en omkastare, så att den inlänkar ett större eller mindre motstånd i ledningen och följaktligen ändrar strömstyrkan alltefter stiftets olika höjdlägen å plattan. Den föränderliga strömmen ledes genom mottagningsinstrumentets elektromagnet, hvilken alltefter strömmens styrka höjer eller sänker ett skrifstift, som å sin sida verkar på ett vaxadt papper lindadt kring en cylinder. Denna senare vrider sig med samma hastighet som afsändningsinstrumentets cylinder och förskjutes därjämte samtidigt i längdriktning. Stiftet afsvarfvar då vaxmassa från pappersytan, mer eller mindre djupt på olika ställen. På detta sätt sätt erhålles i vaxet en reliefbild, liknande bilden i gelatinplattan. Sedan vaxbilden borttagits, utbredes den i plan, och en galvanoplastisk kopia tages af densamma, då man alltså får en kliché, som kan användas att i tryck återgifva originalbilden.

På sådant sätt erhållna bilder blifva visserligen otydliga och föga tillfredsställande, men de visa dock en lofvande början, och man kan hoppas vidare utveckling i samma riktning. Måhända kommer en gång den tid, då man med tillhjälp af elektriska ledningstrådar kan öfverföra bilder på långa afstånd, tillräckligt tydliga och användbara för att tidningarna skola kunna illustrera sina telegrafiska underrättelser med tillhörande bilder.

XI. Elektriska ringledningar.

Inledning. — Batterier för ringledningar. — Den elektriska ringklockan. — Strömslutningsinrättningar. — Nummertablåer. — Ledningar. — Kopplingsanordningar vid elektriska ringledningar. — Elektriska ringverk för kyrkklockor.

Bland den elektriska strömmens tillämpningar för signaleringsändamål intager dess användande för *ringledningar* utan tvifvel främsta rummet med hänseende till mängden af sådana anläggningar och härför använda apparater. Antalet i bruk varande elektriska ringklockor kan nu räknas i millioner, och af sådana tillverkas årligen åtskilliga hundra tusen. Lägger man härtill de för sådana anläggningar erforderliga batterielement, tryckknappar, ledningar m. m., inses lätt, att denna gren af den elektro-tekniska industrien måste vara ganska omfattande och medföra en årlig omsättning af många millioner kronor. Den är äfven ur en annan synpunkt af betydelse, alldenstund den företrädesvis sysselsätter den mindre industriens idkare och sålunda bidrager att sprida intresset för elektrotekniken samt dana dugliga arbetare, användbara äfven å dess öfriga områden.

De elektriska ringledningarnas historik kan affärdas med få ord, ty de hafva till följd af sin enkelhet icke gifvit anledning till någon mera betydande uppfinnarverksamhet. Hufvuduppgiften är att fortplanta elektrisk ström för åstadkommande af ringningssignaler; deras uppkomst och utveckling grunda sig därför på uppfinningen af den *elektriska ringklockan*. Försök med sådana signaler gjordes redan snart efter den elektriska telegrafens framträdande. Man behöfde endast förse ankaret till en elektromagnet med en kläpp, hvilken vid strömmens slutning följer ankarets rörelse och därvid slår mot en metallskål, en s. k. »klang». Men då härvid hvarje slag af kläppen erfordrar en särskild slutning af strömmen, uppfyller ett sådant ringverk icke de anspråk på bekvämlighet och lätthandterlighet, som man måste ställa på en signalinrättning af ifrågavarande slag. Genom en enkel anordning å ringklockan kan man komma därhän, att strömmen själf ombesörjer dessa upprepade slutningar och afbrott, så att klockan afger en rask följd af slag, så snart densamma medelst en kontaktinrättning intages i strömkretsen. Den vanliga galvaniska ringklockan, hvilken så godt som uteslutande användes för våra ringledningar, är konstruerad på detta sätt.

Hvem som uppfunnit den är svårt att säga. Redan Werner Siemens använde för sin visartelegraf en s. k. »självafbrytare», och det är denna inrättning, som utgör grunden för den galvaniska ringklockans konstruktion. Den förste, som använde sådan ringklocka för lokalsignalering, var emellertid J. Miraud i Rouen, som år 1853 kom på den lyckliga tanken att införa sådana klockor i stället för de gamla med dragsnören. Äfven en annan fransman, Leclanché, har inlagt stor förtjänst om de

elektriska ringledningarnas utveckling, emedan det af honom sammanställda galvaniska elementet synnerligen väl lämpar sig för sådana ändamål.

Ringledningar måste ofta vara så anordnade, att signal kan gifvas från flera olika håll till ett och samma ställe. Det är då nödvändigt att kunna skilja mellan signalerna, så att man kan veta, hvarifrån kallelsen kommer. Att för sådant ändamål begagna klockor, stämda i olika toner, vore emellertid oftast mycket opålitligt. Bättre är att inlänka i ledningen en apparat, som utvisar hvarifrån signalen utgått. Detta är den s. k. »*tablån*», hvars ursprung är obekant men hvilken, likasom så mycket annat, framtvingats af behofvet och småningom utvecklats till allt större teknisk fulländning. Sådana tablåer, ehuru af helt annan konstruktion, funnos emellertid redan å de gamla ringinrättningarna på hotell m. m., där de också voro så godt som oumbärliga för att på tillfredsställande sätt kunna sköta uppassningen. Därför blef också en tablå, som verkade för elektrisk ström, en nödvändig betingelse för att de äldre signalinrättningarna skulle kunna utbytas mot elektriska. Samma ovisshet råder äfven i fråga om uppfinningen af den *elektriska tryckknappen*, hvarmed den elektriska strömmen i ringledningen slutes.

Den stora lättheten att anbringa ledningarna och att begagna de enkla apparaterna gör, att elektriska ringledningar kunna användas för en mångfald olika ändamål, exempelvis för att signalera öppnandet af dörrar till försäljningslokaler e. d., nedläggandet af bref i breflådor, att — genom en omärklig golfkontakt under matbordet — tillkalla betjäningen för servering m. m., att trygga banklokaler och kassaskåp mot obehörigt öppnande o. s. v. Genom enkla anordningar kan man till och med ställa så till, att en elektrisk signal ljuder, när temperaturen i ett rum af någon anledning blifvit så hög, att fara för eldsvåda föreligger.

Dessa och många andra tillämpningar af den elektriska klocksignaleringen hafva gjort denna till den mest populära grenen af elektrotekniken, åtkomlig för enhvar. Skolgossen kan finna ett nöje i att syssla med dessa saker i hemmet; kanske lyckas det för honom att där ställa till med en ringledning, och lyckas det icke vid första försöket, så lär han sig alltid något mera, då han måste taga reda på hvari felet består och söka afhjälpa det.

Batterier för ringledningar. Den elektriska strömmen i en ringledning arbetar i allmänhet »*på öppen kedja*», d. v. s. strömmen slutes, så snart signal skall afgifvas, men är eljest ständigt afbruten. Detta sätt för strömmens användning är gifvetvis det fördelaktigaste, då det vanliga ju är, att ringledningen begagnas för signalering under mycket kort tid i jämförelse med den tid, då den icke användes. Ett bland de mest ändamålsenliga elektriska element för sådana anläggningar är därför Leclanchés element i dess olika former. Förr användes mycket den i fig. 17 afbildade äldre konstruktionen, numera begagnas mest element med brunstenscylinder (se fig. 19). Äfven de torra staplarna hafva för ifrågavarande ändamål kommit mycket i bruk, emedan de ej, i likhet med de våta elementen, kräfva tillsyn och påfyllning. I handeln finnes nu att tillgå mycket goda torrelement, hvilka kunna göra tjänst vid en ringledning i flera år, om denna ej alltför mycket tages i anspråk.

Bland dessa vilja vi såsom tillägg till hvad vi förut anfört om sådana strömkällor (sid. 22) här nämna »Hellesens *förbättrade patent-torrelement*» samt Henrichsens torrelement, båda af dansk tillverkning. De förra, som levereras i flera storlekar från 0,825 kgr. vikt, ha vunnit allmänt erkännande såsom ovanligt

starka, lätt transportabla, pålitliga och varaktiga. Den elektromotoriska kraften utgör c:a $1^1/_2$ volt, inre motståndet blott 0,10—0,20 ohm. Rätt uppställda kunna dessa element arbeta i flera år utan behof af någon tillsyn, och efter nästan fullständig uttömning förnyar elementet själft sin elektromotoriska kraft under hvila. Äfven Henrichsens torrelement berömmas mycket, och bådadera ha funnit vidsträckt användande särskildt inom telegraf- och telefonväsendet.

Förutom nämnda element äro för ringledningar åtskilliga andra olika typer i bruk. Skall ledningen användas mycket ofta, kan det vara fördelaktigare att anordna den för »*sluten kedja*», och då äro Leclanché-elementen icke lämpliga. I sådana fall är bäst att insätta Meidinger-element eller liknande, hvilka i detta fall stå bättre bi och gifva kraftigare ström. Hvad beträffar *skötseln* af Leclanché-elementen, så är denna ganska enkel: man behöfver endast se till, att vatten påfylles, då så erfordras, samt att staplarna hållas möjligast rena. Någon gång kan litet salmiak behöfva tillsättas.

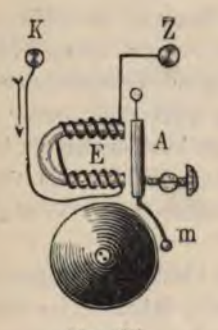


Fig. 651.
Schema för elektrisk ringklocka.

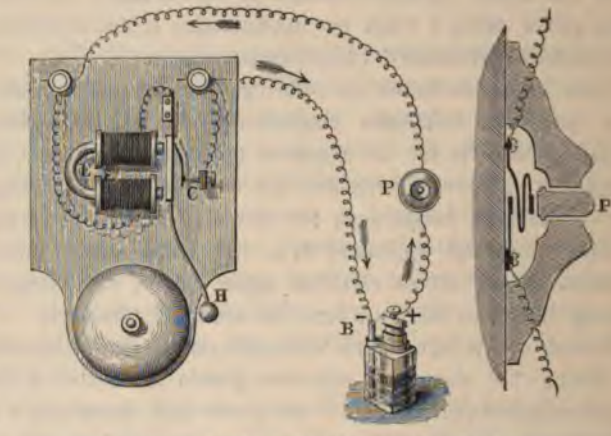


Fig. 652. Elektrisk klocka med självafbrytare.

För batteriets *uppställning* väljes helst en torr plats, ej för varm men ej heller så kall, att man kan befara frysning; batteriet bör utan svårighet kunna åtkommas för tillsyn. De särskilda elementen böra så ordnas, att de vid gifvet motstånd samfäldt lämna den största möjliga strömstyrka. I allmänhet förenas elementen i serie (*efter* hvarandra), två för korta ledningar, samt tre, fyra eller flera för längre. Är stor strömstyrka af nöden, t. ex. å hotell, där ofta signal gifves från flera rum samtidigt, måste man insätta flera element parallelt med de förra.

Den elektriska ringklockan i sin enklaste form framställes i fig. 651. En kläpp *m* är upphängd å en tunn blad-fjäder samt försedd med ett ankare *A*, hvilket drages mot elektromagneten *E*, så snart ström genomgår denna. Därvid slår kläppen ett slag på en framför densamma anbragt metallskål; på detta sätt erhålles ett slag för hvarje ankommande strömstöt. Ett ställbart anslag tjänar att reglera ankarets afstånd från elektromagnetpolerna. Fjädringen gör, att hammaren träffar klangen blott för ett ögonblick och genast studsar tillbaka. Klangen kan följaktligen vibrera fritt utan att dämpas af hammaren.

Sådana enkelslag-klockor lida, såsom redan förut påpekats, af den olägenheten, att strömmen måste slutas och åter öppnas för hvarje särskildt slag. Vid längre ringning

måste man alltså upprepade gånger verkställa dessa ändringar af strömmen. För att undvika detta förser man, såsom ofvan blifvit antydt, klockan med en inrättning, som automatiskt afbryter och åter sluter strömmen i rask följd efter hvartannat, så länge batteriet får verka på *självafbrytaren*. Principen för denna inrättning är förut angifven (sid. 284) vid beskrifningen af Wagners hammare; dess tillämpning i ringklockan framgår af fig. 652. Strömmen från batteriet passerar här, på sin återväg från elektromagneten, genom den punkt *C*, där ankaret medelst en kontaktfjäder berör anslagsskrufven. Då batteriet slutes — genom tryckning på knappen *P* — attraheras ankaret, och kläppen slår på klockan. Men genom ankarets rörelse afbrytes strömbanan vid *C*, elektromagneten förlorar då sin dragningskraft och släpper ankaret, som af sin upphängningsfjäder kastas tillbaka i hviloläget. Strömmen slutes därvid å nyo, och ankaret utför på nytt samma rörelse. På detta sätt kastas ankaret fram och tillbaka, så länge batteriet är ställdt till klockan, d. v. s. så länge man trycker på knappen, och kläppen slår upprepade slag på metallklangen, så att den välbekanta ringningen erhålles.

Fig. 653. Elektrisk klocka af nyare konstruktion.

Ankarets kontaktfjäder har till ändamål att hålla strömmen vid makt ännu ett ögonblick efter det ankaret börjat närma sig elektromagnetpolerna, så att strömmens verkan blir icke blott ögonblicklig utan tillräckligt varaktig att gifva ankaret erforderlig energi för att med kraft slå kläppen mot klockan. Genom anslagsskrufven kan man reglera både vibrationshastigheten och ljudstyrkan.

Då de elektriska ringklockorna numera vanligen tillverkas i mycket stor skala, söker man konstruera dem så, att de lämpa sig för massfabrikation, utan att deras verkan därför blifver sämre. För att göra sammanhanget mellan klockans enskilda delar säkert och hopsättningen lätt fästas de alla på en järnplatta, såsom äfven fig. 653 visar. Här är gjutjärnsplattan fastskrufvad på ett ryggstycke af trä och försedd med ett rätvinkligt utspräng, tjänande till fäste för elektromagnetens järnkärnor äfvensom för ankarets bladfjäder. Trådspiralerna äro upplindade på trärullar, som därefter skjutits öfver järnkärnorna. Ankarets upphängningsfjäder tjänstgör med sin något utåtböjda förlängning äfven som kontaktfjäder. Anslagsskrufven sitter på ett litet isoleradt stift, fäst i järnplattan, och är liksom fjäderns ände i själfva kontaktytan belagd med platina. Metallklangen är anbragt å en liten pelare, inskrufvad nederst i en arm å järnplattan.

Vid denna mycket vanliga anordning ligger kläppen snedt, hufvudsakligen i ändamål att med sin tyngd understödja elektromagnetens dragning. Men därigenom kan kläppen äfven göras mera massiv och fjädern mera spänstig, så att slagen å klangen blifva kraftigare.

Å många ringklockor äro kontaktfjäder och anslag ombytta, så att anslaget sitter på ankaret och fjädern på bottenplattan. I detta fall deltager alltså fjädern icke i ankarets rörelser.

Till skydd för mekanismen inneslutes den i ett lock af trä eller järnbleck. Den i fig. 654 afbildade ringklockan, som torde vara den i Sverige mest använda, skiljer sig i konstruktionen obetydligt från den nyss beskrifna. Nästan hvarje fabrik har för öfrigt sin egen modell.

I stället för de allmänna, grundt skålformiga metallklangarna använder man stundom klanger af djupare skålform, ungefär sådana som begagnas för koskällor. Därigenom kommer klockan att ljuda med lägre ton och mörkare timbre, så att en signal å en sådan klocka lätt kan skiljas från en ringning å en vanlig klocka, på samma gång som den är mera angenäm för örat. Men märkas bör, att ringningen från en klocka med hög, skarp ton höres på längre håll än från en klocka med djupare ton. Stundom ersätter man den skålformiga klangen med en spiralfjäder, sådan som begagnas å slagur.

Fig. 654. Ringklocka med skål och fodral.

Det gälla ljudet från en elektrisk ringklocka förefaller mången obehagligt, i synnerhet om det höres på alltför nära håll. För vissa ändamål är det också långt starkare än som erfordras. Man har därför konstruerat inrättningar, likartade med ringklockorna men utan kläpp och klang. I deras ställe finnes endast en bladfjäder, hvilken äfven tjänstgör som ankare. Genom strömmens inverkan bringas fjädern att vibrera på samma sätt som kläppen i den vanliga ringklockan men hastigare. Därigenom uppstår ett surrande ljud, som är tydligt hörbart i närheten. En apparat af detta slag är afbildad i fig. 655.

Den ofvan beskrifna ledningsanordningen i ringklockan kan utbytas mot en annan, vid hvilken strömmen icke afbrytes under ringningen utan i stället ledes än

Fig. 655. Surrsignalapparat.

genom elektromagneten och än till sin största del förbi denna genom en kortslutning. I öfrigt förblifver den mekaniska anordningen oförändrad. Elektromagnetens lindningstråd är med sina ändar fast förbunden med klockans ytterkontakter, så att lindningen oafbrutet genomkretsas af strömmen, då denna är sluten. Ena ytterkontakten är dessutom (fig. 674) förenad med kläppen, den andra med anslagsskrufven. Då strömmen slutes, genomgår den i första ögonblicket odelad elektromagneten, hvarvid ankaret ryckes mot denna och kläppen slår ett slag på klockan. Men i detsamma

kommer kläppens kontaktfjäder i beröring med anslaget, och största delen af strömmen tager nu den bekvämare vägen genom kläppen, medan blott en liten bråkdel går genom elektromagneten, hvadan denna senare ej längre förmår fasthålla ankaret. Detta går därför tillbaka i sitt hviloläge, och kortslutningen afbrytes, hvarefter samma rörelse på nytt utföres och upprepas, så länge strömmen genom klockan hålles sluten. Ringklockor af detta slag äro alltså försedda med *självkortslutnings*-inrättning i motsats till de föregående med *självafbrytare*.

Den mest brukliga formen af de elektriska ringklockorna (fig. 652—654) är visserligen praktisk men ej just vacker. För att vinna ett prydligare utseende har man därför konstruerat åtskilliga andra former, hvilka emellertid, såsom redan är anmärkt, i allmänhet hafva sämre verkan, för så vidt man nämligen icke vill kosta på dem en desto starkare ström. Den mest använda af dessa ändringsformer är den i fig. 656 framställda »*tornklockan*», hvars ringmekanism befinner sig inuti själfva klangen och helt och hållet döljes af denna. Denna klocka är afsedd att i särskild hängare anbringas på en vägg, hvaremot den i fig. 657 afbildade klockan,

Fig. 656. Tornklockans ringmekanism.

Fig. 657. Bordklockans ringmekanism.

med skålformig klang och på nyss antydda sätt däruti inneslutet ringverk, är afsedd att ställas på ett bord.

Förutom de hittills beskrifna elektriska ringklockorna, hvilka arbeta med *likriktad* ström och automatisk afbrytning, finnes det äfven ringklockor för *växelström*. Dessa klockor erfordra ingen automatisk strömbrytare (eller kortslutare), alldenstund strömmen själf hvarje ögonblick ändrar riktning och därvid kastar kläppen fram och tillbaka. Klockor af detta slag användas mycket inom telegrafien och framför allt vid telefonapparaterna, men äfven för vanlig signalering. Vi skola därför här något närmare redogöra äfven för sådana »*polariserade*» ringklockor (fig. 658), förut omtalade å sid. 511. Två permanenta stålmagneter i hästskoform stå bredvid hvarandra med liknämniga poler åt samma håll. Vid de öfre poländarna äro fästa tvenne lodräta järnkärnor, hvardera med sin trådspiral. Spiralerna äro kopplade i serie men på det sätt, att strömmen kretsar kring de båda järnkärnorna i motsatta riktningar och sålunda sträfvar att gifva dem olika poler. Då ingen ström genomgår elektromagneterna, hafva järnkärnorna, på grund af induktion från stålmagneterna, samma polaritet; låtom oss antaga, att deras fria ändar båda äro nordpoler. Om nu en ström påsläppes med sådan riktning, att t. ex. högra järnkärnan, om hänsyn tages endast

till strömmens inverkan, skulle erhålla en nordpol, men den vänstra en sydpol, blir följden uppenbarligen den, att högra järnkärnans magnetism *förstärkes* men den vänstras *försvagas* eller rent af omkastas. Har strömmen motsatt riktning, blir förhållandet omvändt. Järnkärnornas fria ändar komma således att af växelströmmen erhålla ömsevis ökad eller minskad magnetism, äfven om strömmen ej har nog styrka att helt och hållet omkasta magnetismen i den ena af dem.

Emellan elektromagneterna och stålmagneternas undre poler ligger ett ankare, rörligt kring midten, likt en vågarm och uppbärande en kläpp, hvilken spelar mellan tvenne metallklangar. Om nu en strömstöt genomgår elektromagneterna, så att t. ex. högra järnkärnans magnetism förstärkes och den vänstras i motsvarande grad försvagas, så kommer ankarets högra arm att attraheras, så att kläppen slår på vänstra klangen. I nästa ögonblick omkastas strömmen, hvarvid ankaret gör en motsatt rörelse och kläppen slår mot högra klangen. Då de växlande strömstötarna följa tätt på hvarandra, uppkommer sålunda en ihållande ringning. Ofta äro de båda klangarna stämda i olika toner, harmonierande med hvarandra.

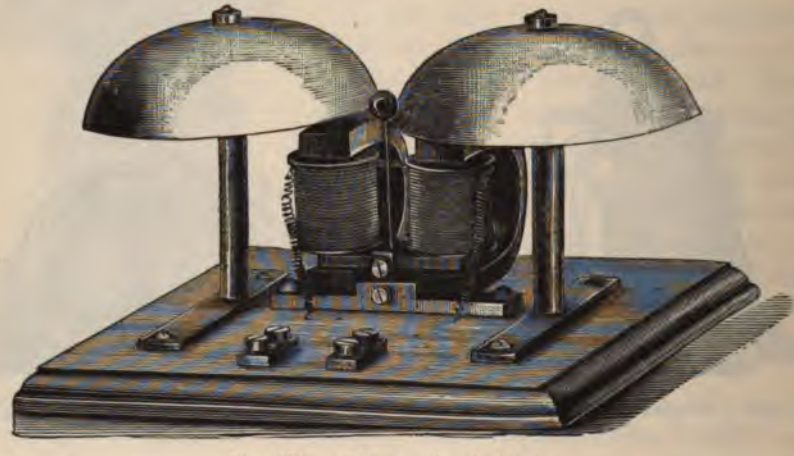


Fig. 658. »Polariserad» ringklocka.

Den för dylika ringklockor erforderliga växelströmmen alstras af små magnetinduktorer, hvilka kringvridas med handen (fig. 659 och 660). Två polstycken af järn *CC* äro fastskrufvade å en bottenplatta och äfven sinsemellan, dock med mellanlägg *DO* af icke magnetisk metall, t. ex. mässing. De omfattas, på sätt fig. visar, af ett antal hästskomagneter, och mellan dem ligger induktorn med ett stort antal trådlindningar. Ankaret kringvrides med stor hastighet medelst vef och kugghjuls- eller snörutväxling, hvarvid växelströmmar induceras i lindningstråden, två strömstötar med motsatt riktning för hvarje hvarf af induktorn. Å fig. är induktorn försedd med strömvändare och alltså icke afsedd för ifrågavarande ändamål. För att växelströmmar skola erhållas, kan strömvändaren utbytas mot tvenne isolerade ringar, förenade med hvar sin ände af lindningen. Mot ringarna släpa tvenne kontaktfjädrar, som upptaga och afleda strömmen.

Då man vid begagnandet af polariserade ringklockor oftast vill kunna signalera i ledningens båda riktningar, såsom t. ex. förhållandet är å telefonapparaterna, kombineras vanligen klocka och induktor till en apparat.

Fördelen af polariserade ringklockor ligger däri, att man slipper de galvaniska batterierna med deras mer eller mindre besvärliga skötsel samt att man är oberoende af däri möjligen uppkommande fel.

Strömslutningsinrättningarna för elektrisk lokalsignalering kunna vara mycket enkelt anordnade, enär de endast äro afsedda att sluta strömmen i en enkel ledning med svag ström och de i vanliga fall icke äro utsatta för fuktighet.

Den mest använda strömslutaren för ifrågavarande ändamål är den välbekanta *tryckknappen*, hvilken blifvit en symbol för allt det märkvärdiga elektriciteten kan uträtta: man »trycker på en knapp», och strax äro vidlyftiga maskinerier i gång och färdiga att börja arbeta; ja, hela världsutställningar öppnas på det sättet.

Den vanligast förekommande tryckknappen är af ganska enkel konstruktion (fig. 661 och 662). Å dess bottenstycke äro invändigt fastskrufvade två spiralböjda lamellfjädrar, hvilka stå i förbindelse med ledningstrådarna och hvilkas fria ändar ligga

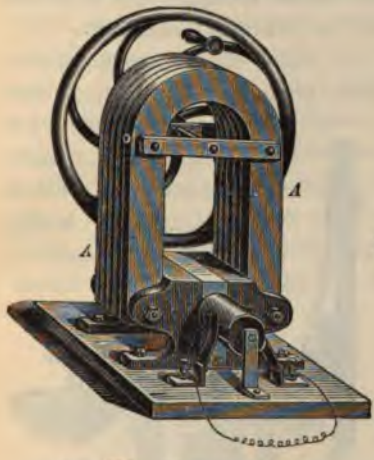


Fig. 659. Magnetinduktor; yttre utseende.

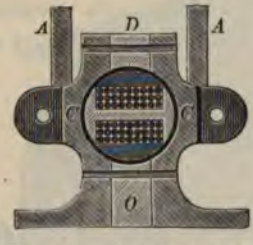


Fig. 660. Magnetinduktor; polstycke och ankare i genomskärning.

Fig. 661. Tryckknapp; yttre utseende.

Fig. 662. mekanismen.

på något afstånd rätt öfver hvarandra. Då man trycker på den i locket insatta knappen, komma fjädrarna i kontakt och den förut afbrutna strömkretsen slutes.

Denna tryckknapp är, som sagdt, ytterligt enkel, men det måste den också vara för att kunna tillverkas billigt. Den visar emellertid på ett särdeles tydligt sätt, huru en väl genomtänkt konstruktion kan göra en sak på en gång enkel och i möjligaste mån praktisk. De båda kontaktfjädrarna ha erhållit en sådan form, att de kunna utstansas färdiga ur ett plåtstycke och göras tillräckligt långa utan att upptaga stort utrymme. De ligga äfven säkert skyddade under locket, så att de icke oafsiktligt komma i beröring med hvarandra. Till följd af bådas fjädring tryckas de, sedan de väl kommit i kontakt, ännu något djupare in och gnida därvid mot hvarandra, så att beröringsstället städse hålles blankt och rent. Därigenom förekommes dessa ytors oxidering till men för strömmens genomgång. Knappen uppbäres säkert af den öfversta fjäderns breda ände, så att den ej kan glida ner under locket, och den hindras genom fotflänsen att falla ut. Locket fasthålles vid understycket genom grofva svarfvade skrufgängor, hvarigenom det blir lätt att aftaga och åter påsätta. I bottenplattan finnes äfven plats för två skrufhål till knappens fästande.

Den yttre formen kan vara mycket växlande. I många fall önskar man hafva tryckknappen flyttbar, och man kan då anbringa den å en brefpress e. d. Ofta hänges den i ett snöre öfver en säng eller ett bord, hvarvid vanligen *päron*-formen (se fig. 244) användes, hvilken någon gång förses med flera skilda kontakter för anrop till olika ställen. En närsläktad inrättning är *press*-kontakten (fig. 663), som utgöres af en rund trä- eller ebonitpinne, klufven till omkring två tredjedelar af sin längd och hvars båda halfvor äro på insidan klädda med metallblad, som vid hopklämningen beröra hvarandra, så att strömbanan slutes.

Fig. 664 framställer en *drag*-knapp för portar och tamburdörrar. Då knappen ej användes, såsom å fig., ligga de båda kontaktfjädrarna an mot en isolerande cylinder å dragstångens ände, hvilken vid dragning å knappen skjutes inåt i fjädrarnas mellanrum, så att deras ytteränder sammanföras och sluta strömbanan. Så snart knappen lössläppes, framskjutes cylindern genom spiralfjädern och åtskiljer å nyo fjädrarnas framändar. Genom gnidningen mellan fjädrarna och den lilla vid cylinderns fria ände framskjutande metalltrissan hållas kontaktytorna rena och blanka, hvarför dragknappen ej så lätt tar skada af fuktig luft.

Fig. 663. Presskontakt.

Fig. 664. Dragknapp för portar och tamburdörrar.

Jämte dessa »handkontakter» finnas äfven åtskilliga andra, hvilka skötas med foten och anbringas t. ex. under ett matbord för att så obemärkt som möjligt tillkalla betjäningen. Så-

Fig. 665. Dörrkontakt.

Fig. 666. Dörrkontakt för kort signal.

dana golfkontakter kunna göras antingen flyttbara eller fasta. I förra fallet kan en vanlig tryckknapp användas, blott större och tyngre, så att den icke alltför lätt kan trampas sönder eller skjutas åt sidan. Den utgöres af en i golfvet infälld träplatta, hvars ena ände genom en fjäder tryckes något upp öfver golfytan. Då kontakten ej behöfver användas, kan denna fjäder borttagas och trampskifvan helt nedläggas i golfytan. Golfkontaktens inrättning i öfrigt torde icke erfordra någon beskrifning.

Ett annat slag af strömslutare för ringledningar äro dörrkontakterna, hvilka företrädesvis användas vid butikdörrar för att signalera dörrens öppnande. En sådan kontakt (fig. 665) består af en i dörrkarmens fals fastskrufvad metallskifva med en genom ett ebonitstycke isolerad liten fjäder, hvilken infälles så djupt i träet, att endast plattan blir synlig. I fjäderns ena ände finnes en genom plattan framskjutande knapp. Så länge dörren förblir stängd, hålles knappen intryckt och kontaktfjädern skild från plattan; men då dörren öppnas, kommer fjädern i beröring med plattan, så att strömbanan slutes och klockan ringer, ända tills dörren åter stänges. Vill man, att blott en kort signal skall afgifvas, när dörren öppnas eller stänges, kan man anordna kontakt i enlighet med fig. 666. Här finnas två fjädrar, som råka i kontakt,

då dörren vid öppnandet med sin öfverkant stryker emot det afrundade ebonitstycke, som är fäst vid den undre fjädern. Inrättningen fastskrufvas i dörrposten tätt öfver dörren.

Nummertablåer. Där en ringklocka kan sättas i verksamhet från flera ställen, är det nödvändigt att kombinera klockan med en apparat för dessas särskiljande. För detta ändamål har man under någon tid mycket användt Breguets apparat (fig. 667), bestående af en låda, å hvars framsida finnas ett visst antal springor, hvar och en försedd med en elektromagnet och hvar och en motsvarande ett bestämdt påringningsställe. Strömmen därifrån genomgår elektromagneten, som attraherar sitt ankare *A*, hvars hake *n* ingriper i en annan hake å fallskifvan *S*; dessa hakar släppa hvarandra, då ankaret neddrages, så att skifvan af sin egen tyngd faller utåt i det genom prickade linier antydda läget. Fallskifvan utträder därvid något ur springan och blir synlig, angifvande, att signal afgifvits från det ställe, som springan motsvarar. Skifvan återföres därefter med handen i hviloläget. Hvarje tryckknapp motsvaras således af en fallskifva, hvars elektromagnet ingår i samma ledning som knappen. Ringklockan är däremot gemensam för alla. Huru ledningarna för öfrigt äro anordnade skall visas något längre fram.

Fig. 667. Mekanismen i Breguets apparat.

Fig. 668. Nummertablå.

Denna apparat har den olägenheten, att fallskifvorna kunna vara svåra att urskilja på afstånd, hvarförutom damm lätt inträngер i apparaten. Numera begagnar man därför hellre en annan anordning, där hvarje fallskifva är försedd med ett nummer, som visar sig bakom en liten glasruta, när skifvan fallit. En sådan *nummertablå*, afsedd för 12 fallskifvor, är afbildad i fig. 668; skifvorna 6 och 12 antagas vara fällda. Nummerklaffarnas konstruktion framgår af fig. 669 och 670. Till hvarje nummer hör en elektromagnet med ankare, hvilket är försedt med en hake på samma sätt som uti Breguets apparat. Själfva numret är anbragt på en rektangulär bricka, som fasthålles af haken men släppes, då ankaret attraheras. Brickan faller då under inverkan af en liten motvikt ned, och numret blir synligt bakom rutan.

För klaffarnas återförande till ankarläget finnas trenne mässingsskenor, en under hvarje nummerrad och sinsemellan förbundna medelst tvärstycken samt förenade med en skjutstång, som slutar i det till höger å fig. 668 synliga handtaget, medelst hvilket de kunna skjutas till vänster och höger. På dessa mässingsskenor sitter för hvar och en af de nyssnämda motviktsarmarna en liten tapp, som berör armens högra kant, då klaffen är nedfälld. Om handtaget då skjutes inåt, föres armen åt sidan och vrider klaffen uppåt, tills den fattas af ankarhaken. En enda sådan rörelse af skjutstången är således tillräcklig att upplyfta alla nedfällda nummer. Då handtaget släppes, föres skjutstången tillbaka af en fjäder, så att numren åter äro oförhindrade att falla, då signal kommer.

Man kan äfven på elektrisk väg verkställa nummerskifvornas undanförande, genom att begagna *polariserade* klaffar, hvar och en försedd med två elektromagneter samt med en permanent magnet som ankare. Signalströmmen har i detta fall alltid

Fig. 669. Uppdragen. Nummerklaffarnas mekanism. Fig. 670. Nedfälld.

en bestämd riktning och får genomgå ena elektromagneten i sådan riktning, att ankaret attraheras. Därvid framträder den med ankaret direkt förbundna nummerskifvan och blir synlig. När skifvan därefter skall återföras i ankarläget, har man endast att trycka på en till tablåen hörande kontaktknapp, då en ström sändes genom den andra elektromagneten, så att ankaret kastas öfver till denna och numret åter döljes. Äfven i detta fall upplyftas samtidigt alla nummer, som fallit, ty sistnämnda ström går genom tablåns alla återföreningselektromagneter.

Reläet. Ju längre en ringledning är, desto starkare måste batteriet vara. Är ledningen mycket lång, kan det vara fördelaktigt att insätta ett *relä* i ledningen, liknande det, som förut beskrifvits (sid. 425), men betydligt enklare och billigare. Reläets elektromagnet inkopplas i ledningen och påverkas af dess ström, så att ankaret attraheras. Vid ankarets rörelse slutes en andra strömkedja från ett enkelbatteri genom klockan, hvilken alltså ringer. Reläet är så anordnadt, att det verkar för relativt svag ström, hvarigenom man äfven vid ganska långa ledningar kan undvika att använda ett stort batteri; i stället får man två små batterier. — Stundom sammanföras reläet och klockan i en apparat.

Om lokalbatteriet förenas med reläankarets hvilokontakt, ringer klockan, så länge ankaret ej är attraheradt, d. v. s. då strömmen i hufvudledningen är öppen. Denna anordning kan alltså komma i fråga, då ringledningen skall arbeta för »sluten kedja».

Ledningarnas anordnande företer i allmänhet inga svårigheter, då det ju endast är fråga om svaga strömmar och ledningarna vanligast befinna sig under tak. Dock må man icke tro, att arbetet kan utföras utan någon vidare omtanke genom att helt enkelt spika upp trådarna hur som helst. Ett sådant förfaringssätt straffar sig alltid själft förr eller senare: ringledningar, som »krångla», äro dess värre alltför vanliga. I jämförelse med starkströmledningar har man emellertid alltid den lättnad i arbetet, att man endast behöfver sörja för isolation och ledningssammanhang. De talrika inkopplade apparaterna och det ofta mycket stora antalet ledningstrådar göra det likväl nödvändigt att sorgfälligt skilja dessa senare från hvarandra, så vida de icke skola komma i ohjälplig oordning.

I fråga om isolationen behöfver man ej vara alltför sträng, men några fordringar måste dock uppställas. Där ledningen icke är utsatt för fukt, kan tråd med enkel bomulls- eller ylleöfverspinning användas; den tunnaste öfverspinning är i detta fall tillräcklig, så länge den är oskadad.

Där luften är fuktig, måste bättre material användas. Är fuktigheten ringa, såsom i förstugor och i oeldade rum, kan man nöja sig med öfverspunnen tråd, indränkt i vax. Vaxet skyddar icke endast mot väta utan sammanhåller äfven öfverspinningen, så att den bildar ett visst mekaniskt skydd för tråden.

Vid större fuktighetshalt på fuktiga väggar användes ofta guttaperkatråd. Ehuru guttaperkans isoleringsförmåga är mycket stor, har den likväl, såsom i det föregående blifvit omnämndt (sid. 119), det felet, att den förändras i luften, torkar och spricker; för ledningar, som ständigt äro under vatten, är guttaperkan däremot ett utmärkt isoleringsmedel.

På mycket fuktiga ställen, på ytterväggar eller i källare, gör man bättre i att begagna kautschukklädd tråd, helst sådan med tjärad öfverspinning, vanligen kallad *tjärtråd*. Blyklädd tråd är naturligtvis allra bäst, där ledningen behöfver skyddas mot väta.

Inuti rummen fästes tråden ofta på tapetbårderna, och därvid väljes gärna en färg på öfverspinningen möjligast liknande bårdens färg. Icke sällan döljer man ledningarna helt och hållet genom att lägga dem i putsen under tapeterna; vid uppkommande fel har man emellertid då intet annat att göra än förstöra tapeten och taga fram tråden eller ock att lägga en ny tråd utanpå tapeten.

Tråden kan fästas på väggen medelst små nubb, som helt inslås, sedan tråden blifvit spänd och lindad ett hvarf kring hvarje. Man får naturligtvis därvid noga akta sig att icke skada trådhöljet. Bättre är likväl att framdraga tråden rak, utan sådan kringvirning, och fästa den med ∩-formiga krampor (märlor), hvilka, om man vill vara riktigt aktsam, kunna inslås medelst en s. k. märlstans. Ännu bättre är att spänna trådarna mellan små trälister, »klits», hvilka antingen kunna vara tvåklufna, hvarvid trådarna fastklämmas mellan halfvorna, eller också försedda med hål, genom hvilka trådarna trädas.

Vid grenledningar och skarfvar borttagas isoleringarna å trådändarna, hvilka noga renskrapas, hoplödas och kringlindas med något isolerande ämne, tjärband o. d. I stället för att löda kan man äfven omlägga skarfven med stanniol, som sluter tätt

intill trådarna och skyddar dem för oxidering, hvarjämte stanniolen själf leder elektriciteten.

Luftledningar för ringverk skilja sig icke väsentligt från andra svagströmsledningar, telegraf- och telefonledningar, hvilka förut beskrifvits (sid. 108 o. följ.). Här må endast tilläggas några ord om det sätt, hvarpå man brukar låta den yttre ledningen öfvergå i den inre. Luftledningen framföres till en isolator i väggen (fig. 671); ett stycke öfver denna borras ett hål i väggen, och i detta sättes ett *inledningsrör* af glas eller porslin. Genom röret utskjutes en ände isolerad tråd, som därför fastlödes vid den blanka ledningstråden. Inledningsröret slutar utåt med en nedåtriktad tratt, hvarigenom öfversta delen af inledningstråden ständigt hålles torr, så att strömmen ej kan afledas till väggen.

Kopplingsanordningar vid elektriska ringledningar. Ehuru det icke kan vara vår afsikt att meddela fullständiga anvisningar för byggande af ringledningar, skola vi likväl lämna en öfverblick öfver de vanligaste sätten för ledningarnas förening med apparaterna. Ur den stora mängd kopplingar, som för sådant ändamål kunna ifrågakomma, utvälja vi blott de mest typiska, hvilka kunna gifva ett begrepp om den stora mångfalden af användningar för elektriska ringledningar.

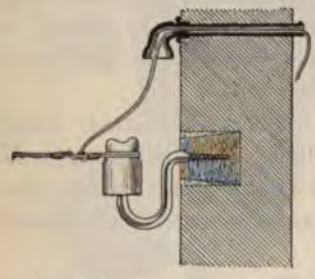


Fig. 671. Inledningsrör för luftledning.

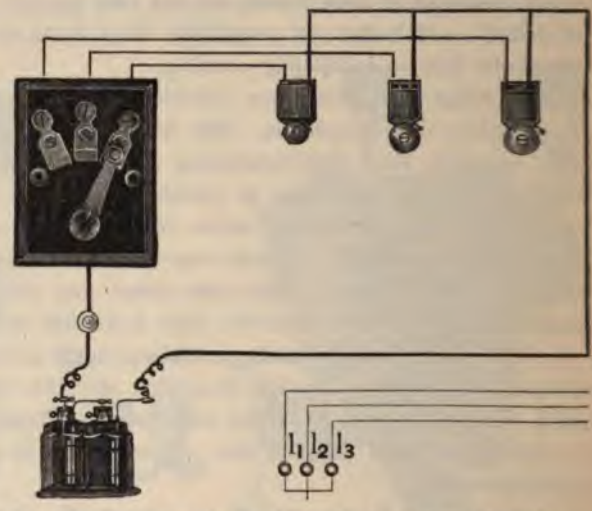


Fig. 672. Påringning till flera ställen från en station medels omkastare.

Fig. 673. medels flera tryckknappar.

Vid indelningen af de särskilda kopplingssätten har man först att taga hänsyn till de olika ändamålen. I detta hänseende kan man särskilja två hufvudgrupper, den ena omfattande sådana fall, vid hvilka signalen alltid går i en och samma bestämda riktning, så att ena stället *ger* signal, det andra *tar emot* den; den andra omfattande de fall, där signal kan gifvas i båda riktningarna.

Hvad den första gruppen beträffar, så kan den alltefter antalet signalerings- och mottagningsställen delas i flera underafdelningar, nämligen:

1) Ett afsändnings- och ett mottagnings-ställe.
2) » » » flera » ställen.
3) Flera » » ett » ställe.
4) » » » flera » ställen.

Det *första* fallet, på samma gång det enklaste, hafva vi redan förut (fig. 652) lärt känna såsom grundformen för elektriska ringledningar. Tydligt är, att batteriet

kan ställas hvar som helst i ledningen, i närheten af ringklockan eller af tryckknappen eller ock emellan båda.

I *andra* fallet kan man antingen ställa så till, att alla ringklockorna gifva signal samtidigt, då strömmen slutes, eller också, att blott *en* af dem ringer, hvilken man vill. För det sistnämnda ändamålet skulle man kunna begagna flera helt och hållet skilda ringledningar med tryckknappar på samma ställe, men bättre är naturligtvis att, så långt ske kan, använda gemensamma ledningar och apparater; fig. 672 visar, huru man härvid kan gå till väga. Hvarje klocka har visserligen sin egen ledningstråd, men återgångsledning äfvensom batteri och tryckknapp äro gemensamma för alla. En omkastare, anbragt invid tryckknappen, gör det möjligt att ringa å hvilken af klockorna som helst. Vill man undvika omkastaren, kan man i stället (fig. 673) insätta en tryckknapp för hvarje klocka.

Skola flera klockor ringa samtidigt för signal från ett ställe, erfordras blott en enda ledning. Vid användande af vanliga ringklockor med självafbrytare möter emellertid här en liten svårighet. Om man nämligen insätter dessa helt enkelt »i följd» uti ledningen, så störa de hvarandra, ty de afbryta strömmen hvar för sig, och de kunna gifvetvis icke så noga justeras, att de slå i fullkomligt samma takt. Skola sådana ringklockor användas, måste de därför insättas i grenledning mellan de båda ledningstrådarna, så att strömmen får dela sig genom hvar och en utaf dem.

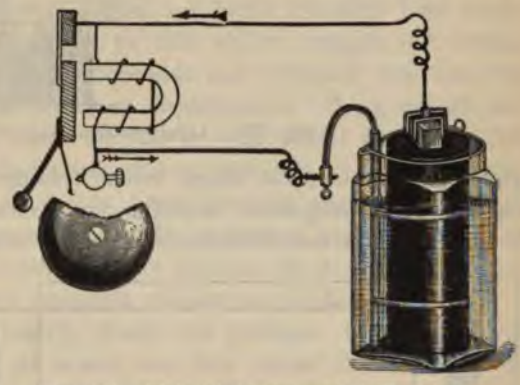


Fig. 674. Elektrisk klocka med självkortslutare.

Det går emellertid äfven för sig att utan olägenhet sätta klockorna i serie uti samma ledningstråd, om man nämligen begagnar klockor med självkortslutare (fig. 674), sådana vi lärt känna å sid. 552. Vid dessa klockor blir, som vi veta, strömmen aldrig afbruten utan blott försvagad eller förstärkt, allt eftersom elektromagneten är inne i ledningen eller ej.

Det finnes dock ett sätt att inkoppla klockorna i följd och likväl begagna åtminstone *en* klocka med självafbrytare. Men alla de öfriga klockorna måste då vara enkelslagklockor (fig. 651). Den förra öppnar och sluter strömmen och tillför därvid de öfriga klockorna strömstötar, med afbrott mellan hvarje; för hvarje strömstöt slå enkelslagklockorna ett slag, alltså precis i takt med självafbrytareklockan.

Det bör iakttagas, att batteriets beskaffenhet måste rätta sig efter det sätt, hvarpå klockorna äro intagna i ledningen. Äro de ikopplade i följd och således motståndet i ledningen stort, måste batteriet hafva högre spänning, än då klockorna äro ställda i bredd (parallelkopplade), i hvilket fall stor strömstyrka — alltså litet inre motstånd i batteriet — är af nöden.

Vi komma nu till det *tredje* af de ofvannämnda fyra fallen och hafva sålunda att förena en enda ringklocka med flera tryckknappar. Denna uppgift är mycket vanlig; vi erinra endast om ringledningarna å hotellen, där hvarje resanderum har sin tryckknapp för signal till portiern, hos hvilken ringklockan är uppsatt. Det är vid dessa ringledningar, som nummertablån finner användning,

och i allmänhet icke gärna kan undvaras. Fig. 675 framställer ledningsschemat för ifrågavarande fall.

Uti *fjärde* fallet gäller det att från flera olika ställen kunna signalera till hvilket som helst af flera andra ställen. Enklast vore utan tvifvel att medelst särskilda ledningar förbinda hvarje tryckknapp med alla ringklockorna i systemet fig. 672. Men detta blefve alltför dyrbart och inveckladt, då fråga är om ett större antal tryckknappar och klockor. Man har då alltid den utvägen att från en för alla

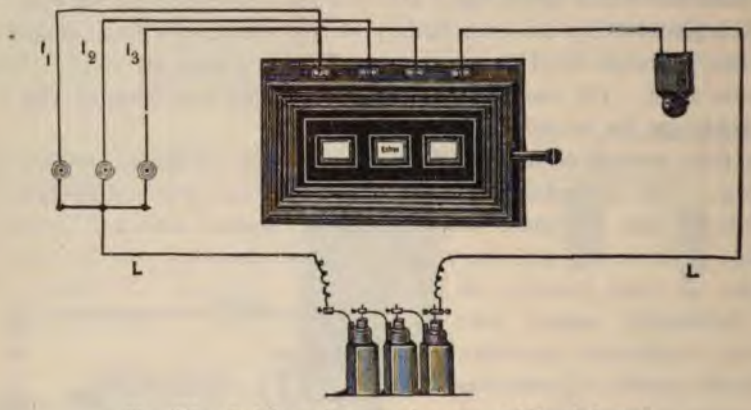


Fig. 675. Ledningsschema med nummertablå och batteri.

gemensam växelapparat draga tvenne ledningstrådar till hvarje ställe, som skall intagas i ringledningsnätet, hvarefter vid växeln ledningarna efter anfordran sammankopplas, alldeles som förhållandet är vid telefonväxlar.

Fig. 676. Ledningsschema för signalering i båda riktningarna.

Slutligen kan den uppgiften förekomma, att tvenne ställen skola vara i stånd att signalera till *hvarandra*, d. v. s. signal skall kunna afgifvas i båda riktningarna. I ändamål att härvid så mycket som möjligt inbespara ledningstråd och batterielement kan man begagna det i fig. 676 angifna ledningsschemat. Samma batteri tjänstgör här för alla förekommande signaler, hvilka t. o. m. kunna ske samtidigt i båda riktningarna, om sådant skulle erfordras.

Vid större afstånd skulle denna anordning med tre ledningar blifva alltför dyrbar. Det lämpar sig då bättre att uppställa särskildt batteri å hvardera stationen och att förena stationerna medelst en enda ledningstråd med jorden som återgångsledning. I stället för tryckknapp insättes en Morse-nyckel, hvars stöd förenas med batteriet, klack med klockan samt häfstång med ledningen. Signaleringen sker då på ett sätt, som fullkomligt motsvarar den vanliga Morse-telegraferingen.

Elektriska ringverk för kyrkklockor ha äfven flerstädes kommit till utförande. Såsom man väl kan förstå, går konstruktionen ut på att åstadkomma

ringningen genom kläppens rörelse, medan själfva klockan förblifver stilla, en anordning, som tydligtvis har stora fördelar, särskildt vid svaga torn och mycket tunga klockor. Fabrikanten Heller i Nürnberg anbringar för detta ändamål omedelbarligen under klockan en liten elektromotor, ställd på en konsol eller fäst vid ett väggbräde. För medelstora klockor behöfver denna motor icke större strömstyrka än 1,5 till 2 amp. om 110 volt, således knappt $^1/_3$ hkr. Å induktorns axel sitter en vertikal stång, som räcker upp i själfva klockan, dock icke i förlängning af dennas axel. Stången har upptill två små horisontala armar, hvardera försedd med en kulkläpp hängande i en kort kedja; genom motoraxelns rotation försättes stången i svängande rörelse, så att kulorna slå mot vissa punkter af klockans kant och frambringa en fortljudande ringning.

Ett af de vackraste ringverk af detta slag är det *klockspel*, som i förening med elektriskt tornur helt nyligen blifvit uppsatt i tornet till Grace Chapel i New-York. Tornuret har inga lod utan går naturligtvis också med elektricitet; det drifves af en elektromotor, som genom lämpliga utväxlingar och kontakter åstadkommer visarnas rörelse. Å timvisarens axel finnes ett hjul, som för hvarje kvart sätter i gång valsen till »Westminster-klockspelet». Denna vals liknar cylindern i en vanlig speldosa och är sålunda försedd med ett antal på olika ställen inslagna stift, hvilka under rotationen komma i beröring med motsvarande små tangenter, som hvar för sig sluta en elektrisk ledning upp till endera af tornklockorna. Dessa äro till antalet 10, i storlekar varierande från 1,300 till 100 kg. och således stämda i olika toner. Från hvarje kläpp löper en kedja mot tornets midt och öfver en rulle ned rätt öfver en stark, vertikal elektromagnetspole, hvars kärna är upphängd i kedjans nedre ände. Då strömmen passerar genom spolen, drages kärnan häftigt in uti densamma och rycker i kedjan, så att kläppen slår mot klockan, för att i nästa ögonblick falla tillbaka, då ledningen afbrytes och magneten förlorar sin kraft.

I stället för denna vals, som besörjer kvart- och timslagen, inkopplas af urverket automatiskt kl. 9 på aftonen en annan, som med samma klockor spelar en aftonpsalm. Dessutom finnes i samma tornkammare en klaviatur, å hvilken hvarje morgon kl. 9 för hand spelas en morgonpsalm, hvars melodi på nyss antydt sätt genom elektriska ledningar återgifves af tornklockorna. Den elektriska strömmen alstras af en dynamo, som äfven besörjer en del andra förrättningar inom anstalten; den erforderliga kraften uppgår till 3—4 hkr. Kostnaden för motordriften till urverket uppgifves icke utgöra mer än 1,6 cent eller 6 öre pr dag(?).

I detta sammanhang böra vi måhända icke underlåta att omnämna ett klockspel af liknande art, som under den nu pågående Stockholmsutställningen hvarje afton låter höra sig från L. M. Ericssons vackra tornmonter. Här är det naturligtvis endast vanliga ringklockor, hvaribland dock äfven finnas några af »torn»typen; men de äro flera till antalet, hvadan ock melodierna kunnat blifva mera rikligt sammansatta och omväxlande. Dessa äro fem till antalet å en stor mässingsvals, hvilken under sin rotation medelst motsvarande klackar å ytan åverkar ett antal sinnrikt konstruerade tangenter, som hvar för sig för ett ögonblick sluta strömledningen till motsvarande klocka.

Af det nu anförda synes, att äfven inom ringledningsområdet den elektriska strömmen alltmer banar sig väg till användande för hvarjehanda ändamål.

XII. Elektriciteten i landtbrukets tjänst.

Länge har det dröjt, innan elektrotekniken förmått vinna insteg inom jordbruksnäringens vidsträckta område, och hvad i detta hänseende hittills skett kan endast betraktas såsom tämligen anspråkslösa begynnelseansatser. De hufvudsakliga orsakerna härtill äro utan tvifvel dels landtbefolkningens stora obenägenhet mot »nyhetsmakerier», i detta fall särskildt understödd af en, man kan gärna säga, fullkomlig obekantskap med den elektriska strömmens egenskaper och elektroteknikens hjälpmedel i allmänhet, dels äfven denna tekniks egen afhållsamhet, lätt förklarlig för resten, från en mera omfattande verksamhet i fråga om tillverkning och försök med maskiner och redskap, enkom afsedda för här förekommande behof och ändamål. Mer än inom öfriga områden är det därför framtiden förbehållet att ådagalägga betydelsen af den elektriska strömmens användande inom landtmannanäringarna.

Bland hittills försökta användningar ha vi först att uppmärksamma det *elektriska ljuset*, som med fördel begagnats vid arbeten af så brådskande beskaffenhet, att man äfven måst taga natten till hjälp. Det kan naturligtvis därvid icke bli fråga om att belysa större vidder utan endast vissa arbetsställen, exempelvis vid tröskning. Har man ett ångtröskverk (kanske förhyrdt på kort tid, såsom numera ej sällan sker bland de mindre jordägarne i sädesbördiga provinser äfven hos oss), så är det ju en ganska enkel sak att låta lokomobilen drifva en liten dynamo för ett par båglampor, liksom ock att upphänga dessa och deras ledningstrådar.

Detta innebär ju likväl icke något nytt eller för landtbruket särskildt egendomligt. Helt annat är det med den *elektrokultur*, som vetenskapsmännen sedan en följd af år arbetat på att möjliggöra, i ändamål att söka höja jordens eller växternas alstringskraft. Detta kan ske genom att låta den elektriska strömmen inverka antingen på själfva jorden, på växterna eller på utsädet. Vi skola i korthet redogöra för de märkligaste försöken i hvardera af dessa riktningar.

Det billigaste sättet att för sådana ändamål anskaffa elektricitet är utan tvifvel att, enligt förslag af mr Paulin, styresman för landtbruksinstitutet i Beauvais, uppsamla den i de lägre luftlagren befintliga, således gratis tillgängliga elektriciteten. Han använder för detta ändamål en s. k. *géomagnétifère*, bestående af en 12—15 m. lång mast med en isolerad metalltråd, hvilken upptill slutar i en trådkvast, som suger till sig luftelektriciteten, ungefär enligt samma princip som en åskledare. Ledningstråden står i förbindelse med ett i jorden nedlagdt metalltrådnät, som sprider den elektriska strömmen till närheten af växtrötterna. Tre till fyra sådana apparater uppgifvas vara tillräckliga för en hektar. Under tre på hvarandra följande år utförda försök i Frankrike ha gifvit i allmänhet goda, ja, t. o. m. förvånande

resultat. Å sålunda elektriserade potatisfält erhöll man en synnerligen frodig och jämn växtlighet af utomordentligt kraftiga plantor med ovanligt tjocka stjälkar och rikliga rotknölar, så att afkastningen här uppgick till 50 procent mera än å i öfrigt lika besådda delar af åkern. Likartade resultat vunnos med spenat och selleri.

I samma syfte, men på ett något olika sätt, har direktör Spechnev i Kievs botaniska trädgård utfört en del försök. I hvar sin ände af långa trädgårdssängar nedgräfdes en koppar- och en zinkplatta, inbördes förenade genom i luften spänd metalltråd, så att två dylika plåtar jämte mellanliggande (fuktiga) växtbädd bildade ett galvaniskt element, hvars ström alltså framgick genom växtjorden. Däri såddes frön af blommor och köksväxter. Den elektriska strömmens inverkan gaf sig till känna genom plantornas kraftigare växtlighet, rikligare skörd och i synnerhet genom köksväxternas ovanliga frodighet. Så mätte exempelvis en rättika 133 mm. bredd och 430 mm. längd, en morot om 27 cm. tjocklek vägde nära 3 kilo. Båda dessa rotfrukter voro saftiga och mjuka och smakade utmärkt godt. Vid undersökning af humusjorden i dessa växtsängar befanns, att den innehöll ungefär dubbelt så mycket lösliga beståndsdelar som i de vanliga växtsängarna.

Den finske fysikern S. Lemström, bekant bland annat för sina skarpsinniga undersökningar angående nattfrosterna, har riktat sina bemödanden på att elektrisera själfva plantorna och för sådant ändamål utfört talrika försök, som påbörjades redan för ett tiotal år sedan. Den elektriska strömmen fördelades medelst ett öfver den växande grödan spändt metalltrådsnät med nedåt riktade spetsar. Å ett sålunda behandladt kornfält ökades skörden med 33—50 %, och äfven dess beskaffenhet förbättrades. Det allmänna omdömet om denna metod lyder, att den verkat fördelaktigt på sädesarter, betor, rädisor och bönor men ogynnsamt på morötter, kålrabbi och ärter.

Åtskilliga försök ha äfven gjorts, med större eller mindre framgång, att genom användande af starkt elektriskt ljus i drifhus eller trädgårdar åstadkomma hastigare och rikligare blomning, tidigare fruktsättning. Genom anbringande af ett antal starka elektriska båglampor har man sålunda sökt att åstadkomma ett artificiellt solsken med däraf följande oafbruten växtverksamhet. Men plantan behöfver nog också sin hvilotid, lika väl som djuret, och blekfärgade blad, förvuxna stänglar, svampiga frukter ha i allmänhet vittnat, att en häftigt brådstörtad mognad äfven inom växtlifvet icke är till fromma för utvecklingen i dess helhet.

I samma riktning kunna visserligen äfven de försök ha ansetts gått, hvilka afsett elektrisk behandling af själfva utsädet. Den ofvan omnämnde ryssen, Spechnev, har på sådant sätt lyckats att med råg, ärter, bönor, solrosfrön m. m. förkorta groningstiden med en tredjedel eller hälften och därjämte vinna kraftigare växtlighet af plantorna. Fröna uppmjukades först i vatten och utsattes därpå, inneslutna i ett glasrör, under två minuters tid för inverkan af en induktionsström, hvarefter de omedelbarligen utsåddes. Försöken upprepades tio gånger. Detta förfarande har emellertid, som man finner, blott till syfte att något förkorta det första, embryoniska utvecklingsstadiet samt kanske ock, så till sägandes, förstärka den första lifsimpulsen men lämnar hela den vidare utvecklingen åt plantan själf.

Helt nyligen har en amerikan, mr Kinney, vid Massachusetts College utfört likartade experiment med senapsfrön, rödklöfver, colza och korn. Han använde fyra Leclanché-element jämte en induktionsspole i ändamål att kunna något variera den elektromotoriska kraften. Fröna voro förut »stöpade» i vatten och inneslötos i glasrör samt visade sig äga en med mer än 30 % stegrad grobarhet i jämförelse med

icke elektriserade frön. Den inducerade strömmens spänning växlade mellan 3 volt och något mindre än 1 volt.

Det nu anförda må vara nog för att visa, huru och i hvilken riktning vetenskapen och uppfinningsförmågan å detta område arbeta. Äfven om de icke ännu ha lyckats att åstadkomma annat än partiella, ehuru i och för sig ju i allmänhet rätt gynnsamma *försöks*-resultat, på hvilka det kanske ännu är för tidigt att bygga några större förhoppningar, så kan framtiden likväl skänka praktiskt tryggande framgångar, blott man låter de vetenskapliga krafterna arbeta i ro och välvilligt understöder dem. Många svårigheter af olika art äro säkerligen här att öfvervinna, och däribland är en af de största nog den, att metodens verkningar, därest de verkligen i stort taget visa sig värdefulla, behöfva köpas med uppoffringar så stora, att de uppsluka hela vinsten.

Emellertid synes det egentligen vara den *elektriska kraftöfverföringen*, af hvilken landtbruket har att vänta det största gagn. Låtom oss antaga, att det någonstädes å egendomen finnes en krafttillgång, det må nu vara i form af vatten-, ång- eller vindmotor. Tills vidare kan denna kraft icke tillgodogöras annat än på själfva platsen eller medelst rem eller linledning obetydligt utöfver dess område. För arbetet å egendomens aflägsnare delar är och förblifver den oanvändbar. Men detta ogynnsamma förhållande ändras genast, om man tager elektriciteten till hjälp, omvandlar kraften helt eller delvis till elektrisk energi och i lätt anbragta ledningstrådar låter denna strömma till en elektrisk motor, som utan ringaste svårighet kan flyttas och uppställas hvar som helst. Kommer landtmannen en gång därhän att med någon sakkännedom kunna sköta den elektriska strömmen och de elektriska apparaterna samt anordna för deras uppställande m. m. — den härför nödiga sakkunskapen borde väl kunna bibringas vid landtbruksinstituten —, så skall ock den dag komma, då han med elektricitetens hjälp kan plöja och så sina fält, inbärga skörden och tröska säden. Hvem vet, om icke i denna sålunda ökade och lättade användning af maskinkraften ligger en möjlighet till framtida lösning, om ock blott delvis, af den äfven för honom allt svårare framträdande dubbelfrågan om tillräckliga arbetskrafter och billigare driftkostnader.

Hvad till en början *plöjningen* angår, kan man göra sig en föreställning om hvilka betydliga besparingar, som skulle kunna vinnas genom användande af billigare dragkraft, då man ser uppgifvas, att plöjningen tager i anspråk $^1/_3$ till $^2/_5$ af allt det för jordens brukande erforderliga arbetet. I de stora amerikanska spannmålsstaterna är maskinplöjning ju sedan länge en ganska vanlig sak, och därvid har äfven på senare tider elektriciteten kommit till användning. Äfven i Europa ha flerfaldiga försök anställts i detta afseende. I Tyskland har den stora firman Siemens & Halske för sådant ändamål konstruerat särskilda maskiner och äfven helt nyligen låtit utföra omfattande plöjningsförsök. Vid en sådan plöjning låg fältet 3,500 m. från dynamomaskinens uppställningsplats, och strömledningen utgjordes af 30 koppartrådar, hvardera om 4 mm. diameter. Ungefär 37 hästkrafter användes i form af elektrisk ström, som tillfördes de elektromotorer, hvilka drefvo tvenne flyttbara vindspel, uppställda på hvardera sidan om fältet. Mellan båda vindspelen var sträckt en ståltrådslina, som drog plogen från ena till andra sidan af åkern. Plogarna voro af det bekanta tvåmaskin-systemet, d. v. s. försedda med två armar, hvardera med flera eller färre billar, men vända åt motsatt håll, så att, då plogen vid fårans slut skall gå tillbaka, den förut arbetande armen upplyftes och

den andra nedfälles. Plogen hade vid detta tillfälle 4 skär och plöjde 30 cm. djupt och 180 cm. bredt. Den från dynamomaskinen öfverförda kraften till elektromotorerna utgjorde ungefär 75 %, så att vindspelen arbetade med ungefär 28 eff. hkr. och framdrogo plogen med en hastighet af ungefär 50 m. i minuten. Uppehållet för omställning vid hvardera ändpunkten tog $1^1/_2$ minut, så att på en timme plöjdes 4,350 kvm., motsvarande 43,500 kvm. på en dag om tio timmar. Vid plöjningen användes 5 man. Enligt noggrann beräkning kostade den elektriska plöjningen af hela sistnämnda yta 106 mark, eller 24,33 mark pr hektar, hvilket uppgifves vara blott hälften af hvad samma areals plöjning med hästar enligt erfarenhetens vittnesbörd i Tyskland skulle kosta.

Vid en annan försöksplöjning år 1895 vid Halle i Sachsen var elektromotorn anbragt å själfva plogen och ingrep medelst kugghjul uti länkarna af en grof kätting, sträckt utmed plogfåran, sålunda dragande plogen framåt. Jordmånen var styf lera; billarna, två till antalet, gräfde fåror om 0,60 m. bredd och 0,24 m. djup; plogen gick med en hastighet af 54 m. i minuten. Den utvecklade dragkraften motsvarade ett nyttigt arbete af 8 hkr. eller 53 % af totalenergien hos den fasta dynamon, som utgjorde elektricitetskällan. Härvid må erinras, att man vid ångplöjning med två lokomobiler, en vid hvardera änden af fältet, ej kan beräkna mer än 35 % och med en lokomobil blott 25 % nyttigt arbete för plogen. Kostnaden för detta plöjningssätt, inbegripet amortering af inköpssumman för *all* materiel, beräknades uppgå till 30,90—20,60 mark pr hektar, alltefter större eller mindre djupplöjning.

Finnes å egendomen användbar vattenkraft för elektricitetens alstring, kan kostnaden tydligtvis nedbringas mer eller mindre i mån af förfaringssättet. Ett exempel härå erbjuder egendomen Enquiband i Tarn (Frankrike), där en vattenturbin om 30 hkr. användes för den elektriska strömmens alstring. Jordarealen, om 1,800 m. längd, är delad i två hälfter genom en elektrisk stolpledning, hvarifrån ledningstrådar vidare afgrenas till ett elektriskt vindspel. Detta kan flyttas på rullar (å en liten Decauvillebana) utmed fältets ena kortsida och är försedt med två lintrummor, som växelvis draga plogen fram och åter. Man har där i den styfva lerjorden plöjt 400 m. åt hvardera sidan om stolpledningen, således 144 hektar med en hastighet af 26,50 m. i minuten.

Där vattenkraft icke finnes men en vindmotor är att tillgå, skulle man, enligt den förut omnämnde danske vetenskapsmannen P. la Cours förslag och flerfaldiga försök, kunna med vindens tillhjälp förskaffa sig elektrisk kraft till mycket billigt pris. Denna motor — »väderkvarn», om man så vill kalla den — skulle nämligen draga en dynamomaskin, hvars ström skulle användas att elektriskt sönderdela vatten i dess båda hufvudbeståndsdelar: syre och väte. Dessa båda gaser uppsamlas i hvar sin behållare för att sedermera utsläppas i rörledningar till lämpliga apparater och genom sin återförening å nyo åstadkomma elektricitet samt därigenom frambringa rörelse, värme eller ljus.

Vid frågan om elektrisk motorkraft för landtbruket bör man emellertid icke lämna ur sikte, att samma kraftmaskin ju kan användas för flerahanda förrättningar, såsom — förutom plöjning — tröskning, hackelseskärning, smörkärning, vid separatorer, radiatorer, mjölkvarnar, pumpverk m. m. Då det icke längre är fråga om en mängd drifremmar, kugghjul och utväxlingar, såsom vid användande af ångkraft, utan endast om framdragandet af ett par lätta, fina ledningstrådar, blir maskinkraftens mångsidiga användande ju betydligt förenkladt. Ett mycket upplysande

exempel i denna riktning har man i den för ett par år sedan fullbordade elektriska anläggningen å egendomen Ugast Lowatell i Mähren, där kraftkällan utgöres af en dynamo, drifven af en 30 hästars ångmaskin. Från denna station, som är förenad med sågverk och hyfleri, utgå två ledningslinier om sammanlagdt 10 km. längd till en kvarn, ett mejeri (där elektriciteten drifver alla maskinerna och dessutom en 10-hästars centrifugpump) och vidare till tre utgårdar, hvardera försedd med en elektrisk lokomobil, som mottager den från centralstationen kommande kraftströmmen och själf kan med lätthet flyttas inom utgårdens ägor till utförande af hvarjehanda arbeten. Hufvudledningens stolpar uppbära därjämte en telefonledning. Att belysningen äfven är elektrisk säger sig själft.

Genom att sålunda till en mängd landtmannaarbeten använda elektricitet i stället för ångkraft undviker man transporterandet af de tunga och obekväma lokomobilerna på de mestadels icke synnerligen goda by- och åkervägarna med deras

Fig. 677. Schuckert & C:os elektrolokomobil.

svaga broar, äfvensom det besvärliga framskaffandet af vatten och bränsle, hvarjämte eldfaran är nästan ingen.

Firman Schuckert & C:o, som numera äfven tillverkar elektriska landtbruksmaskiner, har konstruerat en liten s. k. *elektrolokomobil* (fig. 677), bestående af en motor monterad å en liten fyrhjulig vagn, som drages med handkraft och sålunda lätt kan transporteras till de olika arbetsställena, exempelvis ena gången för att drifva ett tröskverk, en annan gång för hackelsemaskin, mejerimaskiner e. d. Då elektromotorn, som bekant är, alltid afpassar sin kraftförbrukning efter det arbete, som skall utföras, så betyder det ju ingenting om den ursprungligen afses för ett större kraftbehof, såsom i detta fall tröskverket; vid hackelsemaskinen eller separatorn tager den i alla fall icke åt sig mera kraft, än detta arbete kräfver. Till denna goda hushållning med drifkraften kommer äfven fördelen af ojämförligt mindre utrymmesbehof men större flyttbarhet än ånglokomobilens.

Elektrisk *tröskning* har ock i vårt land flerstädes kommit till användning och öfverallt visat sig särdeles ändamålsenlig. Bland dessa ställen nämna vi här blott

Fritzla gård i närheten af Borås, där elektrisk kraft användes för tröskverk, hissinrättning, smörkärning samt belysningsändamål.

Man har äfven försökt att använda den elektriska kraften för *fällning* af grofva *träd* medelst borrning. Motorn med borr föres intill trädet på en dragkärra, som förankras medelst en eller ett par timmerkättingar. Nu borras antingen en hel krans djupa, tättsittande hål eller ock, vid lösare trädslag, ett tillräckligt djupt skär rundtomkring, hvarefter trädet snart är fallfärdigt.

Om detta förfaringssätt icke synes ha synnerlig utsikt att komma till användning, åtminstone i svenska skogar, så torde däremot *elektrisk issågning* kanske befinnas mera lämplig, under vissa förutsättningar, å våra sjöar. För att lätta detta arbete i stor skala har man å vissa ställen i Amerika och äfven i Norge användt issågar drifna med ånga. Men ångmaskinen med sin panna är en tung och svårtransportabel tingest, som gör en dylik anordning ganska obekväm och ohandterlig. Med elektriciteten blir det en helt annan sak. I Canada har man under några år för issågning användt maskiner bestående af ett enkelt slädställ med elektromotor, hvars axel medelst friktionsanordning direkt verkar på den med två cirkelsågar försedda maskinaxeln. Den elektriska strömmen tillföres elektromotorn genom en på isen släpande kabel från en station å land. Släden föres framåt på isen genom en enkel mekanism, äfvenledes medelst elektricitet. Att anordna isupptagning med elektricitet blir på detta sätt enkelt och billigt, så att hvarje större etablissement, bryggeri etc., som är försedt med elektrisk belysning, kan begagna det i stället för issågning med handkraft, förutsatt naturligtvis att den vattenyta, hvarifrån isen skall tagas, finnes i dess omedelbara närhet.

XIII. Den elektrotekniska industrien.

Öfversikt af den elektrotekniska industriens utveckling i allmänhet. — Tyskland — England. — Andra europeiska länder. — Nordamerikas Förenta stater. Sverige; Utställningen i Stockholm 1897.

Öfversikt af den elektrotekniska industriens utveckling i allmänhet. Teknikens utveckling betingas af dess användning, och denna beror i sin ordning ytterst af den vinst eller nytta, som däraf kan följa; däri ligger grunden till industriens stora betydelse för tekniken. Sammanhanget dem emellan får icke förbises; vetenskapsmannen, uppfinnaren, ingeniören hvarken kan eller får ringakta industriens närande jordmån, ty det är uti denna, som deras arbete måste ha sin rot, i både materiell och andlig mening; ur den praktiska förvärfsverksamheten härflyta ock många impulser, hvilka befrämja och rikta den vetenskapliga forskningen. Vetenskap och industri stå i våra dagar i ett innerligt inbördes sammanhang, utöfva på hvarandra en växelverkan, förmånlig för bådadera. Detta förhållande framträder särskildt tydligt i fråga om elektrotekniken, hvilken för sin utveckling har att tacka ett synnerligen kraftigt samarbete mellan insiktsfulla teoretiker och erfarna praktiker. Några ord om den elektrotekniska industrien äro därför här på sin plats.

Denna industri var i början mycket blygsam; under första tiotalet år af dess tillvaro kunde knappt en enda firma och ännu mindre en särskild yrkesgren däraf finna sin näring. Men med den fortgående utvecklingen af *telegrafien* ökades äfven behofvet af elektriska apparater, och från den mekaniska industrien utsöndrades småningom en yrkesverksamhet, som hufvudsakligen eller uteslutande afsåg tillverkning af sådana apparater och instrument. Denna verksamhet förblef emellertid jämförelsevis klen ända till slutet af 1840-talet, och först med början af 1850-talet eller snarare under fortgången af detta årtionde — i Sverige ännu senare — uppkom hvad man skulle kunna kalla en telegrafindustri, hvilken något längre fram betydligt utvecklades, då den äfven slog sig på tillverkningen af *elektriska ringapparater*. Den ojämförligt kraftigaste utvecklingsimpulsen fick den elektrotekniska industrien emellertid först då det *elektriska ljusets* tid kom. Då började nämligen ett nytt element att gripa in i denna industri, nämligen maskinkonstruktören, hvaremot det hittills uteslutande varit den mekaniske instrumentmakaren, som arbetat å det nya yrkesområdet. Ungefär vid samma tid — omkring år 1880 — börjar också den uppväxande industriella telningen att tillvinna sig en aktningsfull uppmärksamhet från en makthafvare, som icke ogärna tager sträfsamma ungdomar om hand, om de arta sig väl och hafva goda framtidsutsikter; denna makt var kapitalet, som nu började visa sig ganska intresseradt för den unga industrien, hvilken naturligtvis å sin sida med nöje

antog kompaniskapet, och detta har under årens lopp — om också icke utan åtskilliga vedervärdigheter och slitningar — i det stora hela alltmera utvecklat sig till förmån för bådadera.

Ungefär tio år senare, således omkring år 1890, började äfven en annan gren af elektricitetens industriella användning, nämligen *elektrokemien*, att spira upp; huru den sedermera kraftigt utvecklats och hvilka utsikter den har till framtida blomstring är redan omtaladt i det föregående.

Tyskland. Den elektrotekniska industrien i detta land är otvifvelaktigt den mest betydande i Europa och må därför komma först i ordningen. Främsta rummet intager där firman Siemens & Halske, europeiskt ryktbar och utan gensägelse en af de förnämsta i hela världen, så väl på grund af sina rent vetenskapliga arbeten och sina märkliga uppfinningar som ock genom sin storartade verksamhet inom elektroteknikens alla områden. Denna firma, som i juni månad år 1897 ombildades till aktiebolag (Siemens & Halske, Actien-Gesellschaft), äger fabriksfilialer samt tekniska byråer i snart sagdt alla europeiska samt flera utomeuropeiska länder. Äfven i Amerika har Siemens & Halske i Chicago med stor framgång upptagit konkurrensen med den inhemska tillverkningen.

I likhet med denna världsfirma hafva äfven två andra tyska storfirmor från en ringa början arbetat sig upp till en betydande maktställning, nämligen Schuckert & C:o (Nürnberg), numera ombildad till aktiebolag och särskildt berömd för sina dynamomaskiner, båglampor, mätareapparater och elektriska strålkastare; samt Felten & Guillaume (Mühlheim), en af de största firmor för tillverkning af ledningar och kablar.

Från den elektriska belysningens första tider arbeta vidare, inom starkströmteknikens område, bland andra det stora bolaget »*Allgem. Elektr. Gesellschaft*» (förut »*Deutsche Edison Gesellschaft*») i Berlin samt firman C. & E. Fein i Stuttgart och bolaget »*Helios*» i Köln. Hvad angår själfva belysningsanläggningarna beslöto sig de tyska städerna redan från början att själfva omhändertaga dessa, till undvikande af sådana missöden, som flerstädes blifvit följden af gasbelysningens öfverlämnande åt enskilda bolag. Först i allra senaste tid har man på en och annan ort ändrat åsikt, så att t. ex. i Leipzig den elektriska belysningen utgör ett privatföretag.

För det tyska storkapitalet, som genom statens öfvertagande af telefonväsendet fann sig sviket i förhoppningarna att å detta område finna inbringande användning, kom det vid sådant förhållande väl till pass, att den elektrotekniska industrien började, i senare hälften af 80-talet, öfvergå till *specialfabrikation*, en förändring, hvilken säkerligen varit af stor betydelse för dess vidare utveckling. De först anlagda fabrikerna hade af lätt förklarliga skäl låtit tillverkningen omfatta allt möjligt, som kunde anses tillhöra facket. Vid sådant förhållande kunde det näppeligen blifva tal om någon väsentlig konstruktiv eller teknisk utveckling å specialområden, åtminstone icke för andra än de stora millionfirmorna. Förbättringar och framsteg kunna med långt mera skäl väntas genom arbetets fördelning, så att hvar och en blott sysslar med ett fåtal olika tillverkningsföremål.

Bland sådana specialfabrikanter äro, förutom de ofvan nämnda, att märka: »*Deutsche Elektr. Werke zu Aachen*» (1885) för dynamomaskiner; Lahmeyer & C:o (1890) i Frankfurt för alla slags dynamos samt transformatorer; O. L. Kummer & C:o i Dresden, dynamomaskiner och motorer; Voigt & Häffner, Frankfurt, massfabrikation af monteringsmateriel m. fl.

Äfven *glödlamptillverkningen* delade sig snart och med fördel i skilda grenar, så att fabriker anlades enkom för tillverkning af utstyrselsartiklar till sådana lampor.

Fabrikationen af *kolspetsar* för båglampor utgör, såsom redan i det föregående blifvit antydt, numera äfven en särskild, ganska betydande tysk industri, som bedrifves af »Gebr. Siemens & C:o» i Charlottenburg samt af firmorna Schmelzer, C. Conradty, Mahls & Braun, Doos i Nürnberg i så stor skala, att den tyska tillverkningen i denna varubransch nästan behärskar den europeiska marknaden.

Det genom utvecklingen af starkströmtekniken alltmera ökade behofvet af isolerad *ledningsmateriel* stegrade verksamheten inom denna specialfabrikation och gaf upphof åt flera fabriksanläggningar förutom de båda redan omnämnda. Särskildt har fabrikationen af underjordsledningar, hvilka för elektriska centralanläggningar allt mer och mer komma till användning och hvilka fordra en ytterst omsorgsfull tillverkning, varit föremål för uppfinnarnes verksamhet, och för detta ändamål ha ytterst dyrbara och genialiska maskiner blifvit uppfunna. De första af dessa maskiner, de s. k. blypressarna för tillverkning af underjordsledningar, uppfunnos och konstruerades af svensken Wesslau, öfveringeniör hos firman Siemens & Halske.

Ackumulatortillverkningen, som till en början bedrefs såsom bisysselsättning i de redan befintliga elektriska fabrikerna, utgör numera äfvenledes en särskild yrkesgren, närmast företrädd af »*Ackumulatorenfabrik-Aktiengesellschaft* in Hagen i Westfalen», »*Elektric. Maatschappij Sisteem de Khotinsky*», Gelnhausen, äfvensom stora fabriker i Berlin, Köln och Frankfurt, hvardera benämnd efter sin ort.

Äfven inom svagströmteknikens område kan man på vissa håll spåra en benägenhet för specialisering. Wagners telegrafmaterielfabrik i Wiesbaden, en af de äldsta i Tyskland, har sålunda till specialitet de förut omnämnda Wagnerska uren; den stora firman Mix & Genest i Berlin har förvärfvat sig ett namn företrädesvis genom sin mikrofon; Heber i Nürnberg är specialist i telefonfabrikation.

Bland tillverkare af *elektriska mätinstrument* intager, jämte den alltomfattande firman Siemens & Halske, firman Hartmann & Braun i Frankfurt a. M. samt Schuckert & C:o i Nürnberg framstående rum.

Samtidigt med öfvergången till specialfabrikation utvecklade sig en särskild teknisk affärsgren i och för utförandet af elektriska anläggningar, eller hvad man vanligen benämner *monteringen*, en sak, hvarmed fabrikanterna af åtskilliga orsaker i allmänhet icke kunde eller ville taga befattning men icke heller öfverlämna åt alldeles främmande entreprenörer. Det blef därför förnämligast deras agenter å skilda platser, hvilka grundlade de första *monteringsfirmorna*.

Såsom en nyttig mellanlänk mellan tillverkare och förbrukare utvecklade sig detaljhandeln med elektriska apparater och armaturer.

Den sålunda kraftigt uppblomstrande elektrotekniska industrien har i sin ordning utöfvat en icke så ringa återverkan på åtskilliga andra industrier, hvaribland först och främst må nämnas ångmaskintillverkningen. Hvad elektromotorerna uträttat för maskintekniken genom att gifva denna ett bekvämt medel att fastställa arbetsmaskinernas kraftförbrukning, transmissioners kraftförluster etc., det ha dynamomaskinerna i ännu högre grad gjort för utvecklingen af ångmaskinindustrien. De ha, genom de ytterst stränga fordringar, som måst uppställas, särskildt på ångmaskinernas regleringsförmåga och ångförbrukning, i hög grad och mer än något annat bidragit till förbättrade konstruktioner af ångmotorerna. Dessa ytterst väl funktionerande ångmaskiner, som man numera så ofta får se, särskildt i Tyskland, hvilka knappast

höras då de arbeta, där regulatorn med yttersta känslighet reglerar maskinens gång äfven vid högst betydliga kraftvariationer och hos hvilka ångförbrukningen blifvit reducerad till ett minimum, hafva för sin tillkomst uteslutande att tacka elektroteknikens utveckling och höga ståndpunkt. Gasverken, som tillförene måst vara glada att kunna bli af med sina retortkol såsom vägfyllnadsämne, funno snart i sin försäljning till de elektriska fabrikerna en så inbringande inkomstkälla, att dessa fabriker till följd af de alltjämt stegrade prisen slutligen sågo sig föranlåtna att söka på annat sätt tillfredsställa detta kolbehof.

Koppargrufvorna ha i elektrotekniken en af sina bästa kunder, och blytillverkningen har i ackumulatorerna funnit en ny och betydlig afnämare; nickelindustrien skulle ju knappast kunna existera utan den elektriska strömmens hjälp. Porslins- och glasindustrierna leverera ofantliga massor af diverse artiklar för elektroteknikens behof; milliontals isolatorer, rör, glasballonger, båglampskupor m. m. Vidare behöfver denna teknik i stora kvantiteter hvarjehanda saker af trä, mässing, ebonit o. d., hvilkas tillverkning utgör en lönande sysselsättning för en mängd större och mindre industriidkare.

I fortgående växelverkan med den elektrotekniska fabrikationen utvecklades äfven anläggningarna för den elektriska strömmens användande, *elektricitetsverken*, till en början uteslutande för belysningsändamål men snart äfven för kraftöfverföring. Den äldsta och största af dessa anläggningar »*Berliner Elektrizitätswerke*», tillhörigt bolaget af samma namn och anlagdt af Siemens & Halske år 1885, räknade vid slutet af år 1896 166,192 glödlampor och 8,218 båglampor, 1,347 elektromotorer om 4,813 hkr. samt 292 andra elektriska apparater. Berlins hela elektricitetsförbrukning utgjorde 1895 9,770,000 kilow.

Under de 6 åren 1887—93 anlades »stads»-elektricitetsverk i 13 af de förnämsta tyska städerna — förutom åtskilliga mindre — med en sammanlagd maskinkraft af nära 10,000 hkr.

För en tillfredsställande vetenskaplig utbildning af den ledande personalen till dessa industriella företag är väl sörjdt genom goda läroanstalter; äfven de lägre tekniska skolorna bjuda numera undervisning åt elektrotekniker, och i Berlin och Frankfurt finnas särskilda läroanstalter, i rent praktiskt syfte, för montörer, verkmästare m. fl.

England. Äfven inom detta land har uppblomstrat en omfattande elektroteknisk industri, om än icke så lugnt och systematiskt utvecklad som den tyska. Denna olikhet torde hufvudsakligen finna sin förklaring i följande förhållande. I början af 1880-talet rådde i England en feberaktig »gründer»-verksamhet å det elektriska området; kapitalet kastade sig med ifver in på den nya industrien, köpte till otroliga pris uppfinningar äfven af det mest tvifvelaktiga värde och grundade för hvarje sådant köp genast ett aktiebolag. Det oundvikliga bakslaget kom — med en förfärlig »krach». Följden blef naturligtvis den, att kapitalisterna därefter visade misstroende mot allt hvad elektriska företag hette och endast småningom fattade förtroende för den nya industrien, hvilken också därefter utvecklat sig på sundare grundvalar.

En ytterligare hämsko på utvecklingen i detta land utgjorde »*the Electric Lightning Act*» af år 1882, angående koncessionsvillkoren för anläggande af elektricitetsverk, hvilka bestämmelser både i fråga om former och tid voro alltför trånga

och ogynnsamma för att uppmuntra till företag af sådan art. Följden blef, att inga sådana anläggningar kommo till utförande, förrän en ny bill medförde förbättrade villkor.

I tillverkningen af *dynamomaskiner* intager England ett framstående rum och har till och med under någon tid gått i spetsen för dessa maskiners utveckling och förbättring; engelska elektrotekniker hafva i detta afseende inlagt stora förtjänster. De ha ock både praktiskt och teoretiskt kraftigt bidragit till utbildandet af växelströmsystemet och transformatorerna.

I fråga om tillverkning och utläggning af *underhafskablar* intager England obestridligen främsta rummet. För framgångarna å dessa områden har den engelska elektrotekniska industrien till stor del att tacka den samverkan mellan vetenskapsmän och yrkesutöfvare, som i England har gammal häfd och äfven å andra industriområden medfört så förträffliga resultat. Att vid sådant förhållande tillverkningen af elektriska *mätningsapparater* och *precisionsinstrument* likaledes nått en hög grad af fullkomning, ligger i sakens natur och bekräftas af erfarenheten. De engelska instrumentmakarne hafva af gammalt icke blott ett stort anseende utan äfven en viss egendomlig stil, så väl i fråga om den yttre formen som i afseende på en del konstruktiva detaljer, och detta gäller nu äfven om de elektriska instrumenten.

I åtskilliga andra riktningar tyckes den engelska elektrotekniska industrien ha blifvit något efter, antagligen dels emedan specialfabrikationen ännu icke blifvit synnerligen genomförd, dels äfven måhända till följd af det starkare patentskyddet, hvilket förhindrar uppkomsten af en täflan, som inom behöriga gränser visserligen kan vara både nyttig och berättigad men ju äfven, drifven på illojalt sätt — där lagstiftningen icke mäktar förebygga sådant —, kan blifva ruinerande både för den ursprunglige uppfinnaren och hans uppfinning. Huru härmed än må vara, så har emellertid exempelvis hvarken *glödlamp-*, *kolspets-* eller *telefon*-tillverkningen hittills tagit någon synnerlig fart i England. Men i betraktande af detta lands utomordentliga kapitaltillgångar och starkt utvecklade mekaniska industri i allmänhet, kan man näppeligen betvifla, att icke äfven dessa och öfriga delar af den elektrotekniska industrien skola inom någon tid arbeta upp sig till jämnhöjd med de ofvan nämnda.

Bland de engelska firmorna är Crompton & C:o en af de äldsta inom starkströmtekniken (1879). Vidare märkas Mather & Platt (Manchester), »*Brush Electrical Engineering C:o lim.*» (London) och »*India Rubber, Guttapercha & Telegraph Works C:o lim.*» (Silvertown, Essex), samt »*Telegraph Construction & Maintenance C:o lim.*» (London).

Den i det föregående omnämnda ackumulatorfirman »*Electrical Power Storage C:o*» har efter förening med några andra bolag numera öfvergått till »*Electric Construction C:o lim.*» (London), liksom den förnämsta glödlampfirman »*Edison-Swan United Electric Light C:o*» numera utgör föreningen af två förutvarande glödlampbolag.

Det tyska huset Siemens & Halske har i London en afkomling Siemens Brothers, hvilken liksom den förra drifver en nästan allsidig tillverkning af elektrisk materiel.

I fråga om mätnings- och precisionsinstrument samt telegrafapparater anses firman Elliot Brothers (London) vara den förnämsta i England.

Bland de stora kabelbolagen märkas särskildt »*Anglo-American Telegraph C:o lim.*» samt »*Eastern Telegraph C:o lim.*», två jätteföretag, som arbeta med kapital om mer än 90 mill. kronor; bland de öfriga finnas flera med 20—50 mill. kronors

aktiekapital. Inalles äro vid pass 650 mill. kronor nedlagda i de engelska ocean-kabelanläggningarna, och detta kapital lär gifva ganska god afkastning.

Af telefonbolagen intager »*National Telephone C:o lim.*» främsta rummet; det arbetar med ett kapital af c:a 18 mill. kronor och har numera ungefär ett hundratal lokaltelefonnät i olika städer.

Af belysningsbolag finnes det ensamt i London ett par dussin, bland hvilka »*London Electric Supply C:o lim.*» är det största. Deras anläggningar representera alla system af strömfördelning, hvilka hittills kommit till praktiskt användande, såsom treledare-, femledare-, växelström-, likström-, ackumulator-system m. m., hvadan London i detta afseende kan anses som en storartad försöksplats inom denna del af elektrotekniken. Där funnos i slutet af år 1896: 1,178,000 elektriska lampor, och hela förbrukningen af elektricitet utgjorde mära 10 millioner kilowatt. Äfven i landsorten finnes det ett stort antal elektricitetsverk, tillhörande dels kommunerna dels privata bolag.

Andra europeiska länder. Från *Frankrike* föreligga endast sparsamma uppgifter angående den elektrotekniska industrien. Det vill emellertid däraf synas, som om denna industri därstädes icke utvecklat sig lika starkt som i Tyskland och England. Den enda platsen af betydenhet i detta afseende är gifvetvis Paris, där det finnes åtskilliga fabriker af högt anseende. De mest betydande *dynamo*-fabrikanterna äro »*Sautter, Harlé & C:ie*», »*Société des Machines Gramme*» samt »*Compagnie Continentale Edison*», hvarförutom den berömda firman *Schneider & C:ie* vid sina stora fabriker i *Creusot* bedrifver en omfattande tillverkning af elektriska maskiner enligt Ganz & C:ies system. I Ivry-sur-Seine har »*Compagnie Générale des Lampes Incandescentes*» en stor glödlampfabrik.

Telefonanläggningarna voro till en början enskilda företag men hafva numera samtliga öfvertagits af staten. Bland de forna telefonbolagen bör nämnas »*Société Généralé des Téléphones*», hvilket bland annat byggde och någon tid skötte Paris' telefonnät, bådadera på fullt mönstergillt sätt.

I afseende på tillverkningen af vetenskapliga instrument har Frankrike och särskildt Paris alltid intagit en hög ståndpunkt. Firman *Breguet* åtnjuter med rätta världsrykte äfven för sina elektriska instrument och apparater samt strålkastare; stort anseende hafva äfven Ruhmkorffs efterträdare *Carpentier*, *Mildé & C:ie* samt *Richard Frères*.

I *Österrike-Ungern* är, som af det föregående nogsamt framgår, firman Ganz & C:o i Buda-Pest inom elektroteknikens område den förnämsta; det är ju ock denna firmas outtröttliga arbete, som man har att tacka för växelströmsystemets utveckling till praktisk brukbarhet. Såsom dess afkomling kan betraktas »*die Internationale Elektrizitätsgesellschaft*» i Österrike, som arbetar med ett kapital af 3 mill. gulden och hufvudsakligen har till uppgift att anlägga och drifva elektricitetsverk efter Ganz & C:os system. Vidare äro att nämna Egger & C:os elektrotekniska fabrik samt *Ackumulatorfabriken* i Wien. Firman Siemens & Halske i Berlin har i Wien därjämte en större filial för tillverkning af alla elektrotekniska artiklar.

Inom den *italienska* industrien äro blott två större firmor att märka, nämligen glödlampfabriken *Cruto* i Turin samt den ansedda kabelfabriken *Pirelli & C:ia*. Större elektricitetsverk för belysning finnas i Rom, Neapel, Florens och Milano, af hvilka de tre förstnämnda emellertid anlagts af tyska firmor.

De öfriga Medelhafsstaterna sakna ännu hvarje nämnvärd elektroteknisk industri. Detsamma är förhållandet med *Ryssland*, för så vida man ej vill medräkna Berlinfirman Siemens & Halskes stora fabriksfilial i S:t Petersburg. I norra Europa har *Belgien*, i öfverensstämmelse med dess betydliga industriella utveckling i allmänhet, äfven med framgång drifvit densamma i elektroteknisk riktning, dock icke mycket utöfver de lokala eller nationella behofvens gränser. Den mest kända belgiska firman är Mourlon & C:ie, som bland annat exploaterar Rysselberghes system.

I *Holland* har det forna »Gelnhauser Elektriciteits-Maatschappij» gifvit upphof åt några glödlampfabriker. Telefonväsendet har ock där nått en betydlig utveckling.

I mellersta Europa finnes emellertid ett litet land, hvars säregna förhållanden och särskildt den rikliga tillgången på vattenkraft gifvit upphof åt en kraftigt blomstrande elektroteknisk industri, till både in- och utländska fackmäns synnerliga tillfredsställelse. Detta land är *Schweiz*. Bland dess europeiskt ryktbara fabriker erinra vi här först och främst om den flera gånger i detta arbete omnämnda maskinfabriken »*Oerlikon*», som särskildt vunnit anseende genom sina kraftöfverföringsanläggningar på stora afstånd och dessutom lagt an på tillverkning af jättedynamos. Dess främste ledande ingeniör C. L. Brown har numera under firman Brown, Bovers & C:o grundlagt en egen fabrik (i Baden), hvilken redan tillvunnit sig ett godt namn. Andra bekanta schweizerfirmor äro Alioth & C:o i Basel, X. Cuénod och Sautter & C:ie i Genève samt kabelfabriken Berthoud, Borel & C:ie i Cortaillod m. fl. I Schweiz finnes äfven Europas största aluminiumfabrik, i *Neuhausen* vid Lauffen (sid. 382); i *Vallorbes* har »Société d'Electrochimie» i Paris en fabrik för tillverkning af klorsyradt kali. Äfven må nämnas det schweiziska »*Ackumulatoren-Aktiengesellschaft*» i Marly samt den framstående elektrikern Hipps fabrik i i Neuchâtel för tillverkning af telegrafmateriel, hvilken står i högt anseende.

Tack vare den rikliga tillgången på vattenkraft har den elektriska belysningen i Schweiz kommit till användande i en omfattning, hvartill intet annat land ännu kan, relativt taget, uppvisa motstycke. Äfven telefonväsendet är starkt utveckladt, sedan det öfvertogs af edsförbundet såsom en staten tillhörande inrättning.

Af de tre *nordiska* länderna har *Danmark* knappt någon nämnvärd elektroteknisk industri. Europeiskt rykte har emellertid »*Det store Nordiske Telegrafselskab*» i Köpenhamn, bildadt år 1870 i ändamål att anlägga och drifva underhafskablar i norra och västra Europa samt Ostasien och arbetande med ett aktiekapital af 27 mill. kronor. Bolagets kabellinier hafva en sammanlagd längd af 7,040 eng. mil, hvartill kommer landlinien Petersburg—Vladivostok, 6,100 eng. mil. Bolagets mekaniska verkstad i Köpenhamn åtnjuter stort anseende och levererar telegrafapparater äfven till åtskilliga främmande länder.

I *Norge* ligger den elektrotekniska industrien ännu i sin linda men har otvifvelaktigt en vacker framtid, i den mån detta lands rikliga tillgång å vattenkraft kommer till användande för industriella ändamål. Firman Wisbech & Meinich i Kristiania drifver dock redan en aktningsvärd tillverkning af elektriska utstyrselsartiklar, i synnerhet för belysningsändamål, och ett par järnverk ha börjat fabricera dynamomaskiner.

Åt den elektrotekniska industrien i *Sverige* skola vi här nedan ägna en utförligare framställning.

Nordamerikas Förenta stater. I fråga om vidsträckt omfattning och kraftig utveckling har den stora amerikanska unionens elektrotekniska industri icke i något annat land sin like och ännu mindre sin öfverman. Inom dessa stater jämte Mexiko och Canada, som med skäl kunna räknas till samma industriella område, finnas för närvarande mer än 3,000 allmänna elektricitetsverk samt vid pass 7,500 enskilda belysningsanläggningar. Antalet båglampor i Nordamerika lär uppgå, lågt räknadt, till $^1/_2$ million, glödlamporna till c:a 5 millioner och hela anläggningskostnaden till nära en milliard kronor.

Af elektriska järnbanor fanns det i början af 1894 tusen stycken; på senaste tid har man flerstädes börjat att genom anbringande af »en tredje skena» såsom strömledare omdana befintliga järnvägar till elektriska sådana. Hela det kapital, som för närvarande är nedlagdt i den elektrotekniska industrien i Nordamerika, uppgifves utgöra i rundt tal icke långt ifrån *3 milliarder* kronor! För jämförelses skull må erinras, att man f. n. uppskattar anläggningskostnaderna för samtliga järnvägar i hela världen till c:a 90 milliarder kronor. Tager man i betraktande, att de kapitalslukande jätteföretagen inom starkströmteknikens område hufvudsakligen tillkommit under de senaste 10—12 åren samt att utvecklingen å detta område fortgår med snart sagdt svindlande fart, så kan man göra sig en föreställning om hvilken kapitalförbrukning elektrotekniken inom en snar framtid skall komma att kräfva.

Denna industris utvecklingshistoria i Nordamerika är snart berättad. Ett påfallande men för resten äkta amerikanskt karaktersdrag därvidlag är ett starkt sträfvande efter monopolisering, och detta mål söker man vanligen vinna genom sammanslagning af flera firmor till större bolag. På denna väg har Unionens hela telegrafväsen kommit i händerna på ett enda bolag: »*The Western Union C:o*», och samma införlifningsprocess har sedan någon tid pågått — kanske redan afslutats — inom starkströmtekniken. I början på 1880-talet hade »*Brush Electric C:o*» i Cleveland lyckats besegra alla medtäflare i fråga om bågljusbelysningen. Då bildades »*Edison C:o*», som snart tillkämpade sig liknande öfvervikt inom glödlampsindustrien. Något senare uppstod »*Thomson Houston C:o*», som hastigt sköt i höjden och — uppslukade Brush-bolaget. Detsamma gjorde Edison-bolaget med ett annat nybildadt bolag »*Sprague C:o*», som hastigt vunnit framgångar inom den elektriska järnvägsindustrien. Nu kastade sig Thomson-Houston-bolaget äfven in på detta område och tog snart ledningen äfven där. Slutligen förenade sig år 1892 detta stora bolag med Edison-bolaget, hvilket under tiden hade med sig införlifvat ytterligare några små bolag och därigenom utvuxit till »*Edison General Electric Ligthting C:o*». Det väldiga »Union»-bolaget behärskar numera i det närmaste hela den elektrotekniska industrien i Nordamerika.

En anmärkningsvärd egendomlighet hos den nordamerikanska industrien i allmänhet, tämligen förklarlig af de säregna förhållandena, är att man visserligen till en början icke skyr att uppoffra betydliga summor för att slutligen åstadkomma en fullt tillfredsställande modell af en maskin, en apparat, men, sedan denna en gång skapats och masstillverkningen kommit i gång, ihärdigt håller fast därvid, ända tills en befallande nödvändighet ovillkorligen tvingar till dess utbytande mot en ännu bättre. Så har äfven varit fallet inom elektrotekniken; medan exempelvis den stora tyska firman Siemens & Halske mer än ett halft dussin gånger ändrat konstruktionen af sina dynamos, bibehöll Brush-bolaget alltjämt sin en gång antagna modell, ehuru den icke längre stod på höjden af tidens fordringar. Den europeiske fabrikan-

ten söker i allmänhet att fortast möjligt föra sitt fabrikat i marknaden och vidtager därefter sina förbättringar i mån af tillverkning och erfarenhet. En annan olikhet är äfven den, att medan denne senare tillverkar exempelvis sina dynamos och motorer i ett eller annat dussin storlekar, ja t. o. m. inom hvardera af dessa kan

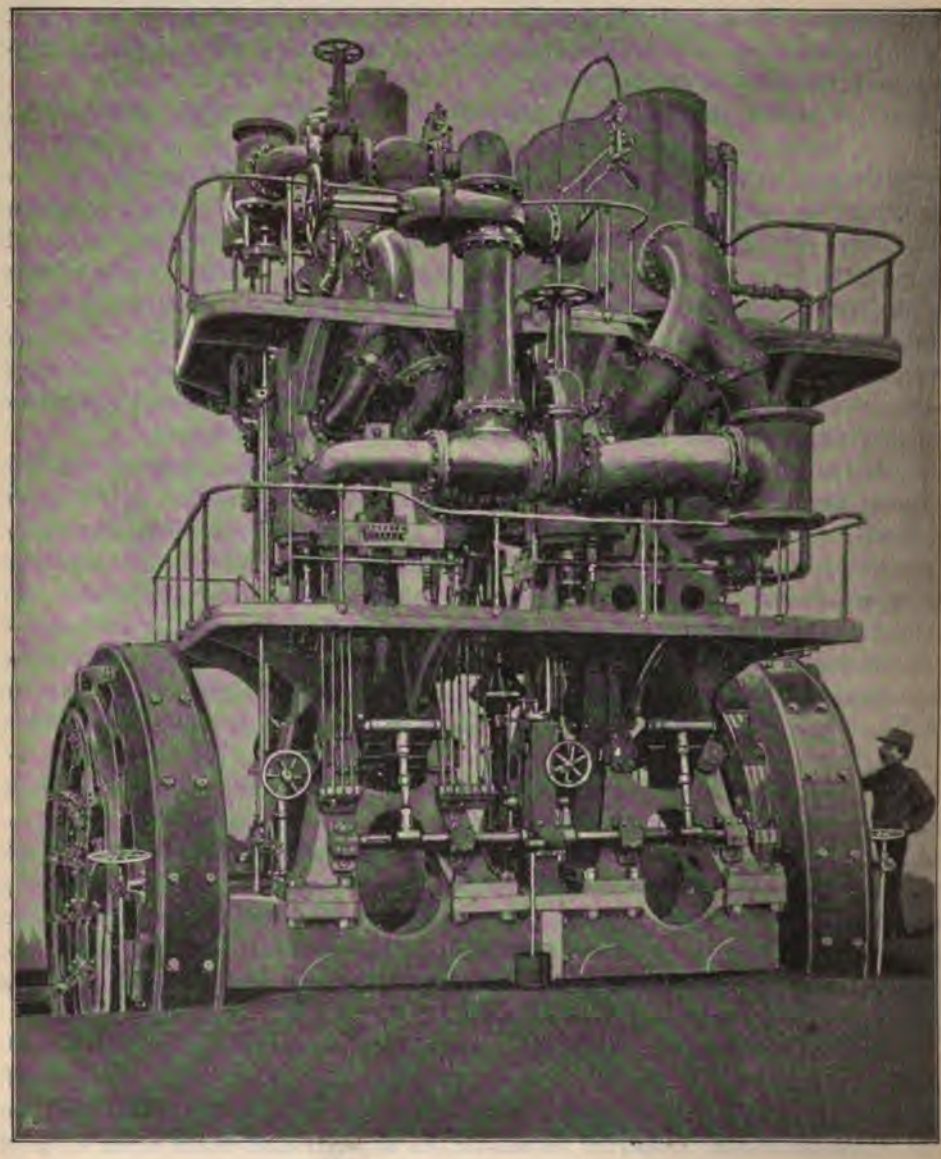


Fig. 678. Ångdynamo om 3,000 hkr.

vidtaga mindre modifikationer enligt afnämarens önskningar, så nöjer sig den amerikanske fabrikanten med ett fåtal nummer och fordrar — att hans kunder också skola nöja sig därmed, hvilket de i allmänhet äfven göra. Att den europeiska industrien härvidlag icke kan ställa sig på samma bas, allra minst i småstaterna, torde

vara en gifven följd ej mindre af ingrodda vanor än äfven af nödvändigheten att, för uppehållande af existensen och bekämpande af konkurrensen, möjligast lämpa sig efter de olika behofven å marknaden.

Hvad angår de olika grenarna af den amerikanska elektrotekniska industrien, så intaga *Brush-*, *General Electric-* och *Thomson-Houston*-bolagen första rummet i fråga om tillverkning af dynamos. Vidkommande växelströmmaskiner står »*Westinghouse C:o*» ännu främst, i liflig kamp med Thomson-Houston-bolaget. Alla dessa firmor jämte Edison-bolaget tillverka äfvenledes glödlampor och elektromotorer, hvilka dock äfven tillverkas af särskilda fabriker, exempelvis »*C. & C. Electric Motor C:o*» för de senare och »*Sawer-Man Electric C:o*» för de förra.

Elektrisk ledningsmateriel af utmärkt beskaffenhet tillverkas af flera stora fabriker. Ackumulatorerna ha icke ens närmelsevis funnit lika allmän användning som i Europa; deras tillverkning sysselsatte därför ända till senaste tider blott en ringa industri, och deras beskaffenhet förblef tämligen otillfredsställande. På senaste tid ha dock förhållandena förbättrats äfven inom denna industrigren. Inom instrumentmakeriet åtnjuta firmorna Weston & C:o samt Queen & C:o högt anseende.

Såsom förut är omtaladt, sammanställde amerikanerna i det längsta sina elektricitetsverk af ett flertal mindre maskiner med remledningar, medan man i Europa ganska snart öfvergick till större och större maskiner, direkt kopplade med ångmotorn. Sedan man emellertid å andra sidan Atlanten börjat följa européernas föredöme i denna väg, är det blott en yttring af den allmänna storslagenheten där i landet, då man söker genom riktigt väldiga skapelser öfverträffa sina läromästare. Så har »General Electric C:o» byggt en ångdynamo för belysningsändamål med den aktningsbjudande kapaciteten af icke mindre än 3,000 hkr., hvilken torde vara, om icke den största, åtminstone en af de allra största likströmsmaskiner, som hittills tillverkats. Induktorn håller mer än 3 m. i diameter och väger 2,400 kilo. Fig. 678 lämnar en föreställning om hur en sådan elektrisk kraftbjässe med tillbehör ser ut.

Hvad slutligen angår amerikanernas intellektuella verksamhet inom det elektriska området, så må icke lämnas oanmärkt, att de flesta stora uppfinningarna inom detta område leda sitt ursprung från Europa. Dynamomaskinen, båglampan, transformatorn, den elektriska motorn, den elektriska järnvägen, de elektrokemiska förfaringssätten härstamma härifrån, och äfven glödlampan och telefonen trampade på Europas mark ut sina barnskor. Men amerikanerna ha förstått att med den dem utmärkande eminenta tillämpningsförmågan omgestalta de från Europa komna idéerna i praktiskt brukbara former och på detta sätt tagit en verksam och väsentlig del i uppfinnararbetet. Liknande företeelser möta för öfrigt äfven på andra områden, hvadan man kanske icke utan fog skulle kunna säga, att idéerna ha sin grodd i Europa men få sin växt och praktiska mognad i Amerika. Erkännas måste likväl, att om så är förhållandet, de amerikanska uppfinnarne dock i alla händelser med god ränta återgäldat lånet och att den europeiska tekniken utan deras föredöme och kraftiga inverkan säkerligen skulle ännu befinna sig på en ganska låg ståndpunkt.

* * *

Sverige; utställningen i Stockholm 1897. Den elektrotekniska industrien i vårt fädernesland är af jämförelsevis ungt datum och dess utvecklingshistoria knappast mer än börjad. Åtskilliga af dess mera framstående tillverkningar och

uppfinningar hafva i det föregående blifvit å vederbörliga ställen omnämnda liksom ock de anläggningar inom den elektriska belysningsteknikens, elektrokemiens, telegrafiens och telefoniens områden, som här varit att uppmärksamma. Vid sådant förhållande kunna vi nu inskränka oss till att, med förbigående af dessa anläggningar, endast söka lämna en kort framställning af den elektrotekniska fabrikationens nuvarande ståndpunkt i vårt land. Det bästa tillfälle att vinna en sådan öfverblick har erbjudits å detta års stora *industriutställning* i Stockholm, inom hvars svenska afdelning »*Elektriciteten*» intager ett aktningsbjudande, mycket uppmärksammadt och intresseväckande rum och där den svenska tillverkningen inom detta område för första gången uppträder som industri, uppvisande hvad den nu förmår och i framtiden ytterligare vill åstadkomma. En kort redogörelse för den *elektriska utställningen* inom svenska afdelningen synes därför här vara väl på sin plats, så mycket hellre som elektrisk energi äfven i stor myckenhet kommit till användning inom hela utställningen, först och främst för belysningsändamål. Ensamt ytterbelysningen å utställningsfältet räknar bortåt 250 Jandusbåglampor, maskinhallen omkring 40 sådana, hvartill kommer ett betydligt antal lampor i alla andra hallar och paviljonger. Vidare användes elektrisk ström för åtskilliga arbetande maskiner, hissar, elektriska båtar, brandtelegrafer, Skansens bergbana m. m.

Den svenska afdelningen räknar 38 utställare af maskiner och apparater så väl för generering och transformering af elektrisk ström som för dennas fördelning och användning till olika ändamål. I förstnämnda afseende ha vi naturligtvis först att uppmärksamma utställningens båda *elektricitetsverk*, det ena i *Aktiebolaget de Lavals ångturbins* paviljong, det andra i maskinhallen, om tillsammans 900 eff. hästkrafter. Det förra består af 4 st. turbindynamos (se fig. 215) om 66 kilowatt och 2 st. om 33 kilow., hvardera med sin egen högtrycksångpanna, allt af nämnda aktiebolags tillverkning, hvilket till början af innevarande år levererat sådana maskiner om inalles 32,000 eff. hästkrafter. Det andra elektricitetsverket, på samma gång utgörande *Allm. svenska elektr. Aktiebolagets** utställning, har först en 14-polig trefasväxelströmgenerator om 100 hästkrafter (se fig. 98), med remledning drifven af en Munktells snabbgående »compound»-ångmaskin och utgörande elektricitetskällan för de med sådan kraft arbetande maskinerna inom utställningen; vidare af samma bolags tillverkning två enkelfasalternatorer, den ena om 66, den andra om 33 kilow.; ytterligare en 100 hästkrafters likströmsdynamo (de Lavals) samt en lika stark alternator (Sohlmans konstruktion) och en mindre mataredynamo, alla direkt kopplade till de Lavals ångturbiner. De stora maskinernas turbiner göra 15,000—13,000, de mindre ända till 30,000 hvarf i minuten, hvilka hastigheter genom turbinutväxlingen reduceras till ungefär en tiondedel för induktoraxlarna. Den utgående strömmen, om 1,000 volt, transformeras till lämplig spänning uti transformatorer af Allm. svenska bolagets konstruktion (sid. 88) uppställda i murade skåp litet hvarstädes inom utställningen. Dessutom finnes här en liten trefasmotor om 3 eff. hästkrafter med variabelt volttal och därefter växlande hastighet (1,700—850 hvarf), samt en enkelfasmotor (Wenströms typ) om 10 hästkrafter. Dessa motorer utgöra, förutom åtskilliga andra, arbetande på olika ställen inom utställningen, ytterligare prof på tillverkningen vid »Allm. svenska», hvilket bolag från en ringa början vid sin grundläggning (1883) numera arbetar med ett aktiekapital af 1,200,000 kr. och syssel-

* Prisbelönt med guldmedalj.

sätter 400 arbetare vid fabriken i Västerås, som är i ständig tillväxt. År 1896 utgjorde dess omsättning 1,107,000 kr., antalet uppsatta glödlampor 65,000 st. och levererade maskiner 1,200 om inalles 25,000 hästkrafter. Förutom tillverkning af maskiner och apparater m. m. för elektrisk belysning och kraftöfverföring samt utförande af sådana anläggningar bedrifver bolaget en-gros-handel med allt slags elektrisk materiel. Bolaget har filialer i Stockholm, Sundsvall och Malmö.

Firman *Luth & Roséns elektr. Aktiebolag** utställer dels en hel rad elektromotorer från 1/2 till 12 hästkrafter, dels två s. k. innerpoldynamos om 15 resp. 21 kilow., drifna med remledningar och arbetande för utställningens strålkastare. Vidare förekomma en dynamo med reduceringskoppling, direkt drifven af en 5 hästars ångmaskin och särskildt afsedd för fartygsbelysning, elektriska fläktar, ljuskronor, båglampor (de senare äfven för »indirekt» belysning, d. v. s. med uppåt riktadt och nedåt reflekteradt, spridt sken, för rit- och läsesalar m. m.) samt armaturmateriel. Grundad år 1885 med ett inbetaldt aktiekapital af 600,000 kr., egentligen för montering af elektriska anläggningar, har firman först sedan år 1894 bedrifvit tillverkning af maskiner och motorer (c:a 200 st.) De hittills utförda elektriska anläggningarna inom alla delar af landet och äfven några i utlandet omfatta c:a 500 dynamomaskiner, 1,600 båglampor och 60,000 glödlampor. Dessa anläggningar afse de mest olika ändamål och yrkesgrenar, såsom träindustri och sågverk (83), metallindustri och mekaniska verkstäder (50), textilindustri, trämassefabriker och pappersbruk (43), belysning, diverse affärs- och allmänna lokaler, bryggerier, sockerbruk, glasbruk och kemiska fabriker (23), tryckerier, tobaksfabriker, kvarnar och garfverier (27), fartygsbelysning och krigsändamål (29), kraftöfverföringar (70), elektr. järnvägar (5), galvanoplastik och elektrolys (33), hvilket vi här anföra såsom en antydan om den omfattning, i hvilken elektrisk energi numera börjar komma till användning inom vårt land. En kraftig utveckling är nu att emotse, sedan i detta företag intresserats den stora Nürnbergfirman Schuckert & C:o samt fabriksverksamheten förflyttats till ett under byggnad varande större etablissement å Söder med kraftöfverföring från vattenfallet vid Uddby, ungefär 15 km. utanför Stockholm.

Vid sidan af sin öfriga mångomfattande verksamhet har den stora gjuterifirman *W. Wiklunds verkstäders Aktiebolag* på senare åren äfven börjat en tillverkning af dynamomaskiner under ledning af den i det föregående (sid. 57) omnämnde ingeniören Thorin, dock icke af där omtalad konstruktion. En elektromotor om 11 hästkrafter jämte öfrigt maskineri från dessa verkstäder arbetar för den stora personhissen** för 12 personer i tvenne af industrihallens minareter. Samma firma tillverkar äfven glödlampor samt diverse utstyrselsmateriel.

Den mest betydande tillverkaren af glödlampor i vårt land är emellertid, såsom ock i det föregående framhållits, Aktiebolaget *de Lavals glödlampfabrik Svea*,* som i en vacker utställning visar en mängd olika slag af sådana lampor (äfven för 200—230 volt), lampors och glödkroppars olika tillverkningsskeden, prof på olika glassorter samt äfven en stor strålkastare. Dess närsläktade namne, *de Lavals blockbelysning*, tillverkar båglampor och utför belysningsanläggningar, medan den *Elektriska kol- och elementfabriken*, Stockholm, är ett helt nytt och säkerligen af behofvet högeligen påkalladt företag, som sträfvar att med svensk vara tillfredsställa våra behof af båglampkol samt kolplattor för galvaniska element. *Aktiebolaget Torr-*

* Prisbelönt med guldmedalj.
** Prisbelönt med silfvermedalj.

ackumulator, Stockholm, visar sina förut omnämnda ackumulatorer (sid. 104) och torrelement och deras användande (ett dussin) för symaskinsmotor, velocipedglödlampa, ringledningar, äfvensom pyrofonledning enligt Jungners system (sid. 476) och elektriskt ur. Af Ch. Bergh i Malmö utställes ett torrelement, benämndt »Dania». *Aktiebolaget Inventor* utställer mycket goda elektriska tänd- och släckapparater för gas.**

Äfven för tillverkning af elektrisk ledningsmateriel ha vi numera inom landet en fabrik, under firma *Max Sieverts fabriksaktiebolag** och belägen vid Sundbyberg, där den sysselsätter omkring 140 arbetare. Bolagets monter visar prof på en ganska omfattande och vacker tillverkning af ledningstråd, snören och kablar för belysnings-, telefon- och ringledningar m. m., från silkesomspunnen koppartråd af $^9/_{100}$ mm. till fingertjocka kablar med olika isoleringar och innehållande ända till 60 telefontrådar. Isolerade kablar tillverkas äfven af *Liljeholmens stubinfabrik*.

Elektriska mätningsinstrument af god beskaffenhet, särskildt afsedda för fartyg, tillverkas af *Aktiebolaget Mekanikus*, Stockholm, som äfven utställt mycket små dynamomaskiner, om $^1/_{10}$ hästkrafter, af lagom styrka för en vanlig 16-ljusglödlampa eller större symaskin. Sådana instrument samt åtskilliga andra elektriska apparater, såsom strömbrytare, motstånd, brandtelegrafer m. m., tillverkas äfven af den stora Göteborgsfirman *Boye & Thoresens Aktiebolag*,*** grundad år 1889, hvilken i samarbete med »Allm. svenska» bolaget i Västerås utför alla slags elektriska anläggningar. Jämte *Göteborgs mekaniska verkstad* har firman uti industrihallen uppsatt personhissarna till läktaren, hvardera för 5 personer och med maskineri hufvudsakligen bestående af en 4 hästars elektromotor (Allm. svenska) direkt kopplad till ett litet vindspel för ståltrådslinan, som drager hisskorgen upp och ned.

Tillverkningen af telegrafmateriel kan i Sverige sägas vara börjad för ungefär 30 år sedan af firman Öller & C:o, Stockholm. Men den, som bragt både denna fabrikation och i synnerhet tillverkningen af telefonapparater och elektrisk signaleringsmateriel till en för våra förhållanden ovanligt hög grad af utveckling, är firman L. M. Ericsson & C:o, hvilken, såsom väl bekant är, inom denna industrigren intager ett alldeles enastående rum; dess ytterst rikhaltiga och väl ordnade utställning utgör ock, som man kunnat vänta, hela den elektriska afdelningens glansnummer.* Den visar i öfverväldigande mängd alla möjliga slags apparater och instrument tillhörande denna gren af elektroteknisk industri, från och med de allra minsta miniatyrtelefoner, de finaste mätinstrument till och med stora multipelbord af den mest invecklade sammansättning för 8,000—10,000 abonnenter, men samtliga utmärkande sig för denna självständighet i konstruktion och fulländning i utförande, som kännetecknа denna firmas alla arbeten. Vi hafva i det föregående meddelat afbildningar och beskrifningar af flera bland dessa apparater men vilja begagna tillfället att här omtala ännu några andra, af särskildt intresse och af allra nyaste konstruktion (Pl. XII).

Af firmans *nyaste telefonapparater* afbildas sålunda i fig. 679, 680 en apparat särskildt afsedd för långlinietelefoneringar. Den har därför stor batteribox, med två Leclanché-element af större typen samt en ny sorts åskledare. Hela ytterbeläggningen kan öppnas, så att alla apparatens inre delar blifva för reparation lätt åtkomliga. Fig. 681 visar en apparat afsedd för tropiska länder, hvarest trä snart förstöres af myror och andra insekter. Den är därför konstruerad med undvikande af detta

* Prisbelönt med guldmedalj. — ** Prisbelönt med silfvermedalj.
*** Prisbelönt med bronsmedalj.

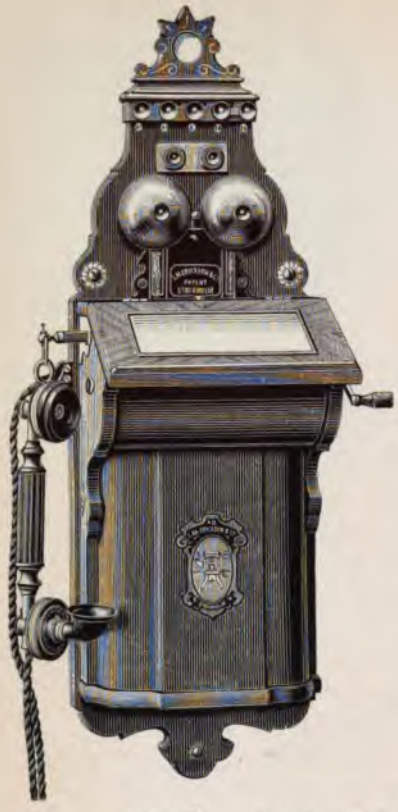


Fig. 679. Telefonapparat för mycket långa afstånd.

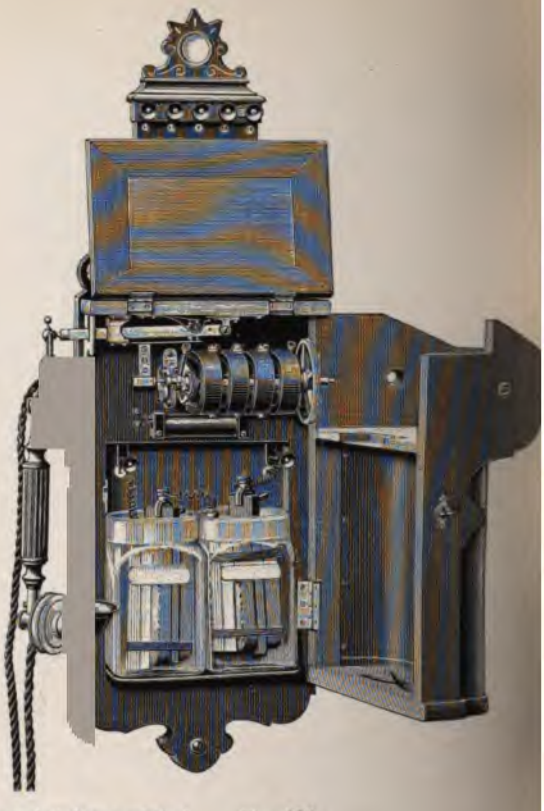


Fig. 680.

Fig. 688. Vattenståndsvisare.

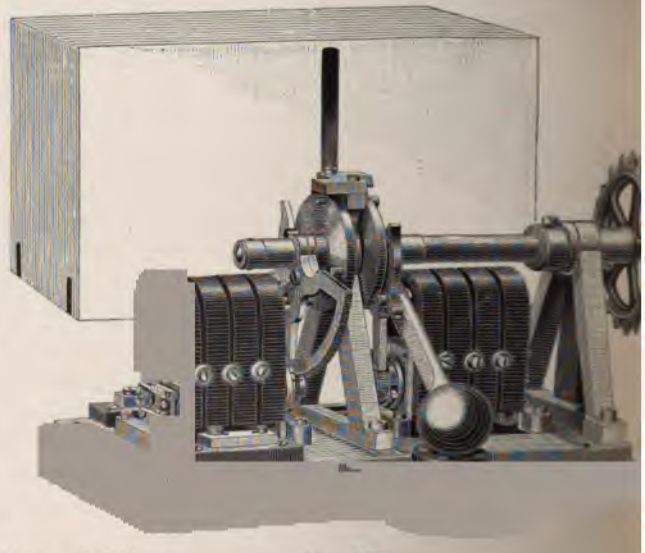


Fig. 687.

Fig. 686. Säkerhetsstycke med smältbar spiral.

Fig. 682. Telefon för kortare linier.

Fig. 681. Telefonapparat för tropiska länder.

Fig. 684. Bröstmikrofon med hörtelefon.

Fig. 683. Telefon för kortare linier.

Fig. 685. Kollaklädare.

Fig. 688.

material. Batteriet inneslutes i en särskild box. Slutligen visa figg. 682 och 683 telefoner för kortare ledningar, med galvanisk ringklocka och batteritryckknapp i st. för induktor; den förra är en bord-, den senare en väggapparat. En intressant nyhet är den s. k. *bröstmikrofonen* (fig. 684) kombinerad med hörtelefon, att medelst nackfjädrar fasthållas invid örat. Telefonisten får sålunda båda sina händer fria, till stor lättnad vid arbetet, som ju kan vara mycket ansträngande vid ett multipelbord med flera tusen abonnenter. Båda apparaterna äro af aluminium och väga tillsammans blott 0,64 kg. Transmittern kan vridas, så att mynningen kommer närmare eller längre från munnen.

Nya konstruktioner äro äfven *koláskledaren* (fig. 685) med smältbara säkerhetsspiraler samt *säkerhetsstycket* (fig. 686) med smältbar spiral, afsedd till skydd mot alltför stark strömspänning. Den anbringas å telefonapparatens kontaktskrufvar, hvaremot linietrådarna fästas i säkerhetsstyckets kontakter.

Af stort intresse är äfven *vattenståndsvisaren* (fig. 687, 688), afsedd att användas vid vattenverk för afläsning af vattenståndet i reservoarer. Kring axeln till ett tandhjul (fig. 687) löper från ett flöte å vattenytan en rullkedja, i andra änden försedd med motvikt, så att hjulet vrides åt ena eller andra sidan allt eftersom flötet höjer eller sänker sig. Genom en spärrinrättning å hjulaxeln lyftes därvid endera af två kulor. Kulan lösgöres automatiskt, då flötets rörelse upp eller ned fortgått 10 cm., hvarvid ett med kulan förenadt kuggsegment kringvrider induktorn uti motsvarande elektromagnetställ, så att en ström utsändes. Denna går genom en ledningstråd till visarverket (fig. 688), där visaren flyttas fram eller tillbaka, beroende på hvilken af de två induktorerna som satts i rörelse. På detta sätt kan vattenhöjden i hvarje ögonblick angifvas af visarverket. Genom två ställbara kontakter å visartaflan, förenade med ett batteri och en ringklocka, kan allarmsignal gifvas, då vattenståndet i reservoaren är för högt eller för lågt. Visarinrättningen kan äfven kombineras med en registreringsinrättning (fig. 688, mellersta delen), å hvilken vattenståndets växlingar uppritas å ett inrutadt papper.

Enligt samma princip har firman äfven konstruerat en elektrisk *gasmätare*, att användas då gasklockan ligger på större afstånd från gasverket. Kontaktverket uppställes vid gasklockan, hvilken verkar på dess mekanism alldeles på samma sätt som flötet i vattenreservoaren.

Det af samma firma konstruerade *vaktkontrolluret* (fig. 689) har förutom den vanliga urtaflan äfven en annan af papper, på motsvarande sätt indelad, hvilken genom en utväxlingsmekanism sättes i rörelse. Till kontakter å urets fodral leda trådar från de olika ställen, där vakten skall passera och af hvilka hvardera är försedt med en liten kontaktapparat (fig. 690). När nyckeln insättes, slutes ledningen till jorden, en ström uppstår, och ett hål punsas i pappersbladet vid det streck, som anger klockslaget. För hvarje ledning finnes en sådan punsinrättning med sin lilla elektromagnet.

Firmans tillverkning af telefonapparater har från en ringa början år 1878, fabriksmässigt bedrifvits sedan år 1881 och i synnerhet under de senaste åren varit stadd i starkt stigande. Fabriken har redan två gånger måst utvidgas, och nu är åter en stor verkstadsbyggnad under uppförande. Antalet tillverkade telefonapparater uppgick år 1896 till 25,580 och under första halfåret 1897 till 13,997. Totalbeloppet af alla årens tillverkning utgör för närvarande c:a 135,000 sådana apparater. Gifvet är att hela denna massa icke kunnat finna afsättning i Sverige; också går

för närvarande icke mindre än 85 proc. af tillverkningen till utlandet. Denna export, hvars värde för år 1896 utgjorde ej mindre än 1,125,000 kr., äger rum till nästan alla delar af världen, största delen likväl till grannländerna, Ryssland samt England och dess kolonier. Fabriken, som äfven tillverkar telefonväxelbord m. m. samt telegrafapparater af olika slag och nu sysselsätter 740 arbetare, har nyligen öfvergått till *Aktiebolaget L. M. Ericsson & C:o*, med ett kapital af 1,000,000 kr.

Oaktadt sin betydligt utvecklade och vidtomfattande verksamhet är denna firma likväl numera icke längre ensam om fabrikationen af apparater för telegraf- och telefonverksamheten inom landet. *Statstelegrafen* har sålunda sedan år 1892 egen verkstad, hvilken, ursprungligen afsedd för reparationer, så utvidgats, att den numera besörjer nästan all nytillverkning och sysselsätter en arbetsstyrka om 250 man; tillverkningsvärdet år 1896 utgjorde c:a 238,500 kr. I enahanda ändamål har för allmänna telefonbolagets verksamhet helt nyligen från detsamma utgrenats »*Aktiebolaget Telefonfabriken*», som redan vunnit uppmärksamhet för sinnrik inrättning af växelbord.* Med tillverkning af telefon- och ringledningsmateriel sysselsätta sig vidare några mindre firmor, såsom I. E. Erikssons elektromek. verkstad och platinasmältanstalt, Lindholm & Wikström samt Rudén & Norén, alla i Stockholm.

Elektriska tidmätare tillverkas, förutom af L. M. Ericsson & C:o, äfven af den berömda urmakarfirman G. W. Linderoth i Stockholm samt L. W. Lindström i Norrtälje, som å utställningen förevisade en elektrisk sekundregulator af egen konstruktion. Det nybildade aktiebolaget »*Elektrokronometer*» afser särskildt utförandet af dylika tidvisaranläggningar med tillgodogörande af ett nyligen uttaget svenskt patent.

Bland elektriska fortskaffningsmedel å utställningen böra vi, förutom de ofvan omtalade hissarna, nämna den lilla *bergbanan* upp till Skansen, hvars vagnar visserligen anskaffats från Schweiz men hvars elektriska maskineri anordnats af »Allm. svenska»; samma bolag har ock insatt ackumulatorerna, 40 st. från fabriken i Hagen (Westfalen) samt motorn (5 hästkrafter) uti hvardera af de fyra *elektriska båtarna*, hvilka, tillverkade af ingeniör I. Trumpy* i Bergen, besörja vattentrafiken utmed utställningsområdets stränder. En femte båt, byggd på Mälarvarfvet i Stockholm, har maskineri från firman Luth & Rosén. Dessa i alla afseenden synnerligen behagliga farkoster kunna således numera äfven erhållas inom Sverige.

För fullständighetens skull och till komplettering af den förut meddelade beskrifningen å »fontaines lumineuses» (sid. 256 o. f.) böra vi slutligen ägna några ord åt »*eldfontänen*» på Stockholmsutställningen, eller den ståtliga vattenkonst, som med sina praktfulla, i regnbågens alla färger glittrande kaskader med rätta ådrager sig de tallösa åskådarnes beundran. Anlagd i Djurgårdsbrunnsviken, ett stycke från stranden, består denna fontän af en stor järnplåtscistern, uppburen af tomlådor, så att ungefär halfva vägghöjden befinner sig ofvan vattenytan, maskerad af en låg brädvägg samt vattenväxter. Nere vid bottnen inmynnar med rörlig slang ett groft vattenrör från den stora reservoaren uppe på Skansen, dit det dagligen pumpas upp från utställningens pumpverk vid vikens strand. I cisternens inre grenar sig vattenröret till särskilda afloppsrör, kransformigt ordnade i taket och med växlande munstycken, alltefter de strålformer, som önskas, men hvartdera anordnadt på förut

* Prisbelönt med silfvermedalj.

beskrifvet sätt, så att den utgående vattenstrålen blir ihålig. Under hvarje utloppsmynning finnes i taket ett litet glasfönster och därunder ett lamphus med glaslock samt innehållande en elektrisk båglampa med reflexionsspegel, som kastar ljuset starkt koncentreradt rätt upp genom glaslocket och glasfönstret in uti vattenstrålen. Färgväxlingen åstadkommes därigenom, att de nämnda glaslocken äro indelade i olika färgade sektorer och samtidigt vridbara medelst föreningskedjor och ratthjul, så att dessa sektorer efter hvarandra komma fram i ljusstrålen från lampspegeln till utloppsmynningen. Färgspelet kontrolleras och kommenderas af en öfvermaskinist, som har ett litet utkiksfönster i bakre randen af cisterntaket; rattarna skötas af två biträden. Lamporna, 12 till antalet och afsedda för en ström om 80 amp. och 220 volt, äro indelade i fyra grupper och inom hvarje grupp kopplade i serie. Mekanismen är levererad af en tysk fabrikant, men den elektriska installationen har utförts af »Allm. svenska» elektr. bolaget.

I anslutning härtill må ock nämnas, att inom det elektriska området arbeta i Sverige äfven ett par utländska firmor, hvaraf Siemens & Halske hafva egen *Teknisk byrå* samt Allgemeine Elektr. Gesellschaft företrädes af agenturfirman Hans Mannstædt, båda i Stockholm.

Den öfverblick af Sveriges elektrotekniska industri, som Stockholmsutställningen sålunda lämnat, torde berättiga till det slutomdöme, att denna industri, om ock sent vaknad, med framgång sträfvar att väl följa med sin tid och att kunna möta de ökade anspråk på maskiner, apparater och instrument, som ett framtida allmännare användande af elektrisk kraft för industriella ändamål inom vårt land kan komma att uppställa.

XIV. Elektriska framtidsutsikter.

Kraftkällorna och deras tillgodogörande medelst elektricitet. — De stora elektriska framtidsproblemen. — Teslas försök; framtidens ljus? — Marconis försök; framtidens telegrafi?

Kraftkällorna och deras tillgodogörande medelst elektricitet. Den vetenskapliga forskningen arbetar oaflåtligt med allt fullkomligare insikter och medel för att mer och mer göra människan till herre öfver naturen och dess krafter. Då man skådar på de alltmera framgångsrika resultaten af detta arbete, kan man knappast betvifla sanningen af den spådom, som en af den moderna naturvetenskapens heroer uttalat, nämligen att den dag en gång varder kommande, då människan, i full besittning af herraväldet öfver naturkrafterna, skall efter eget skön och behof kunna framställa de väsentligaste naturprodukter, som hon för sin tillvaro här behöfver, och att hon för detta ändamål icke skall af naturen begära mera än själfva omdaningskraften, *energien*, hvilken hon naturligtvis icke förmår alstra, samt de *grundämnen*, hvilka hon vill omskapa efter eget behag.

Såsom vi redan i början af detta arbete framhållit, är denna energi, enligt den nyare vetenskapens vittnesbörd, endast *en* och *oförstörbar*, men den uppträder under skilda former. Af dessa kraftformer är det i våra dagar hufvudsakligen tvenne, som för industriella ändamål hafva väsentlig betydelse, nämligen vattenkraften och den i stenkolslagren magasinerade värmekraften. Dessa båda stora kraftkällor måste vi sträfva att tillgodogöra på det mest förmånliga sätt, och detta kan, såsom vi nu gå att visa, endast ske med elektricitetens hjälp.

Hvad angår *vattenkraften*, ha vi redan i det föregående erinrat, huru dess användande, utan sådan mellanhand, är bundet både till tid och rum och följaktligen ofta betydligt begränsadt. Men omvandlad till elektrisk energi blir denna kraft frigjord i båda dessa afseenden; den kan lätt och säkert strömma hän till aflägsna orter, den kan dela sig och flöda ut öfver vidsträckta områden, för att på många sätt och ställen hjälpa människan i hennes arbete. Och har man kanske för tillfället icke fullt användande för det måhända just då rikliga kraftflödet, så behöfver det nu icke längre rinna bort till ingen nytta; det kan, tack vare elektriciteten, tillvaratagas och uppsamlas för att komma till gagn vid annan tid, då brist kanske eljest skulle finnas. Å andra sidan bereder denna omdaning af kraft utväg att af många bäckar små göra en stor å, d. v. s. att förena flera spridda, mindre kraftkällor till ett gemensamt, stort kraftflöde. Med ett ord: omsatt i elektricitetens form antager vattenkraften den universalitet, som utmärker denna form, och kan därigenom blifva nyttig å skilda orter och tider för en mångfald olika ändamål.

Hvad detta betyder i nationalekonomiskt hänseende för länder med rikliga tillgångar å vattenkraft, det är icke svårt att inse, och därpå har för öfrigt redan ett af dessa länder, nämligen Schweiz, börjat gifva praktiska bevis. Det är icke en blott tillfällighet, att alstring och användande af elektrisk ström kommit och alltmera kommer till användande i detta lilla land, så fattigt på närande jordmån för sina inbyggare. Det är tvärt om ett utslag af en om slutmålens detaljformer kanske ännu icke klart medveten nationalsträfvan, att för landets förkofran intensivt tillgodogöra sig de väldiga krafter, som de sterila bergen i forsande flöden sända ned i dalarna, och därigenom skapa en mångförgrenad, rikt blomstrande industri, hvilken kanske en dag till och med skall kunna bjuda på konstgjorda näringsämnen, till ersättning för de organiska produkter, som en karg natur förvägrar landets barn.

De båda skandinaviska länderna hafva, liksom Finland, i sina rikliga tillgångar på vattenkraft snart sagdt outtömliga källor till framtida förkofran och välmåga. Det är nog icke en blott naturens lek, att sådana tillgångar just bjudas i rikligaste mått åt de länder eller trakter, där jordmånen är föga alstringskraftig, dess bearbetande särskildt mödosamt eller skördarna mycket ovissa; och det är nog icke heller blott en slump, att möjligheterna för dessa väldiga naturkrafters rationella tillgodogörande medelst elektricitetens hjälp blifvit så oerhördt vidgade just i våra dagar, då det blir allt svårare och svårare att af jorden frambringa vinstgifvande skördar, därest denna icke är af allra bästa slag, och då jorden öfver hufvud taget sjunker i värde. Det land som under sådana förhållanden inom sig äger rikliga vattenkrafter och förstår att på rationellt sätt använda dem, det kan skatta sig lyckligt och med trygghet gå framtiden till mötes. Dess vattenfall äro, med elektricitetens hjälp, numera lika värdefulla källor för nationell välmåga och förkofran som andra länders stenkolsgrufvor, och dess framtidsindustri skall i sin blomstring kunna blifva oberoende af tillförseln från dessa grufvor.

Och därmed komma vi till *stenkolen*. Beskaffenheten af denna kraftkälla medgifver visserligen större frihet i dess användande, både i fråga om ort och tid. Men härvid möter en annan olägenhet, nämligen den, att den frigjorda kraften framträder under en mindre lämplig form, nämligen som värme; för dess omvandling till mekanisk kraft måste vi ju anlita den mer eller mindre komplicerade, skrymmande och tunga ångmaskinen eller dess gelikar. Och denna mellanhand förbrukar eller förslösar så orimligt mycket af värmekraften, att exploaterandet af de i stenkolslagren skrinlagda kraftmassorna med dessa maskiners hjälp måste anses vara i hög grad opraktiskt och förlustbringande. En bättre hushållning med dessa rikedomsskatter från längesedan svunna sekler kunna vi först då genomföra, när vi omvandla dem till elektrisk energi och därigenom göra dem användbara i en mera universell form. Men en fullt rationell användning af dessa kraftrikedomar skola vi icke ens på denna väg komma till, förrän det lyckats vetenskapen att lösa framtidens stora elektriska problem.

De stora elektriska framtidsproblemen. I det föregående är framhållet, att kraftens omsättning i form af elektrisk energi gör det möjligt både att förena flera kraftkällor till gemensamt arbete och att dela kraftflödet ur en enda källa, äfvensom den stora betydelsen häraf. Det inträffar sällan, att tillgång och förbrukning af kraft jämnt motsvara hvarandra å en och samma ort; vill man rätt hushålla med kraften, måste bådadera förblifva möjligast oberoende af hvarandra. Då det

alltså måste bli fråga om kraftöfverföring från alstringskällan till förbrukningsorten men den förra lika väl som den senare kan vara delad på flera ställen med olika tillgång eller behof, så måste det vara angeläget att med största möjliga frihet kunna förena eller fördela kraftmängderna.

Detta kan ske på två sätt, antingen medelst direkta ledningar eller genom att vid kraftkällorna uppsamla och magasinera energien samt i lämpliga mängder transportera den till förbrukningsorterna. Det förstnämnda förfaringssättet erbjuder inga svårigheter i fråga om kraftförening och -fördelning, så länge arbetsområdet icke är alltför vidsträckt. Men i samma mån afstånden ökas, spela kostnaderna för långledningarna en alltmera betydande roll, och vid mycket stora afstånd möta äfven allvarsamma tekniska svårigheter. I betraktande af denna tekniks utveckling under senaste årtionde bör man emellertid kunna hafva berättigad förhoppning, att frågan om *elektrisk kraftöfverföring* på mycket långa afstånd samt fördelning öfver vidsträckta landsdelar skall kunna på tillfredsställande sätt lösas inom en icke alltför aflägsen framtid. Och detta är det första framtidsproblemet.

Det andra problemet, rörande *energiens fördelning*, sammanfaller med problemet angående dess magasinering i allmänhet. Det nu använda magasineringssättet måste anses endast som en nödfallsutväg, hvilken ingalunda tillfredsställer fordringarna. Den första af dessa är, att elektricitetsförrådet må kunna så att säga tätare sammanpackas, så att en viss vikt- och volymenbet förmår upptaga en större mängd elektrisk energi, än fallet är med de nu brukliga ackumulatorerna, äfven om man i detta hänseende icke skulle kunna uppnå samma förvaringsintensitet som värmets i stenkolen. Vidare fordras, att dessa elektricitetsförråd skola kunna transporteras, fördelas och förenas vida lättare, än hvad för närvarande är händelsen. Detta skulle blifva möjligt, om de kunde erhållas exempelvis i form af en koncentrerad vätska, hvilken vid tillträde af luftens syre oxiderades och då utvecklade elektrisk ström, ungefär på samma sätt som petroleum (fotogen) vid förbränning afgifver ljus och värme. Tills vidare är man emellertid mycket långt ifrån detta önskemål, och man kan knappast säga, att de nu använda magasineringsmetoderna ens beteckna rätta vägen dit. Det är den moderna kemien förbehållet att i sin vidare utveckling gifva oss lösningen af detta problem.

Om dessa båda framtidsproblem förnämligast afse ett rationellt tillgodogörande af den första utaf de båda här ofvan omnämnda stora kraftkällorna, så möta vi, i fråga om den andra af dem, stenkolen, ett tredje icke mindre maktpåliggande framtidsproblem, nämligen det *termo-elektriska*. Det afser, som namnet antyder, frambringande af elektrisk ström omedelbarligen genom kolets förbränning, och man kan tänka sig dess lösning på tvenne olika vägar. Den ena skulle vara att direkt omsätta den vid förbränningen utvecklade *kemiska* energien till elektrisk sådan, en lösning, som vore af den allra största betydelse både i ekonomiskt och tekniskt afseende men hvars ernående ty värr ännu synes ligga i ett långt aflägset fjärran. Äfven här måste man emellertid sätta sin lit till den moderna kemiens utveckling. Den andra vägen till målet, hvilken under nuvarande förhållanden synes vara mera möjlig, är att direkt öfverföra det vid förbränningen alstrade *värmet* till elektrisk energi. Äfven denna lösning skulle innebära de mest vidtgående följder för tekniken och industrien. Vi erinra här, att, såsom redan i det föregående blifvit framhållet, ångmaskinens användande som mellanhand för frambringande af elektricitet är förenadt med en högst betydlig förlust; denna kan vid de hittills allmänna ångmaskin-

konstruktionerna beräknas till 90—95 proc. af den ursprungligen i stenkolen magasinerade energien. Denna måste nämligen för sin omvandling genomgå flera mellanled uti maskinen, hvardera förenad med en partiell kraftförlust; gifvet är, att ju mera antalet af dessa mellanled kan inskränkas, desto mera minskas totalförlusten. En sådan minskning har exempelvis den svenske uppfinnaren de Laval åstadkommit genom sin ångturbin (se sid. 179), hvilken hvarken har cylindrar, pistonkolfvar, ventilslider, vefstakar eller svänghjul och remledning. Den från pannan kommande ångan får med sin stötkraft omedelbarligen verka på turbinhjulet, som åter direkt öfverför rörelsen till dynamons axel. Dessa turbindynamos hafva därför, oafsedt andra värdefulla fördelar, en relativt hög verkningsgrad.

Bäst är emellertid att helt och hållet slippa ångpannan med tillbehör, att direkt framställa elektricitet ur kolets förbränningsvärme, och i denna riktning arbeta sedan många år tillbaka flera framstående elektriker, bland dem den ryktbare Edison. När detta problem en gång blifvit löst, om också endast så till vida att denna alstringsmetod visar sig något förmånligare än den hittills använda, medelst ångmaskin, då äro ock dessa maskiners dagar räknade. Till och med för åstadkommande af mekanisk kraft skall man då i de flesta fall föredraga att först alstra elektrisk ström och därefter medelst elektromotorer omvandla denna i rörelseenergi, hellre än att anlita ångpanna och ångmaskin. Den förra kommer att ersättas af den termo-elektriska generatorn, ångrören af ledningstråden, ångmaskinen af elektromotorn. Att detta utbyte kommer att medföra många och stora fördelar är lätt att inse, liksom ock att dess verkningar komma att göra sig kraftigt förnimbara inom industriens olika områden.

De samfälda verkningarna af dessa stora problems lösning komma gifvetvis att framkalla väsentliga omdaningar inom den nutida tekniken, industrien och yrkesverksamheten. Hur långt denna omhvälfning kan komma att sträcka sig, det är en fråga, på hvilken vi hvarken kunna eller vilja här närmare inlåta oss. Såsom exempel skola vi blott antydningsvis beröra några af de områden, som ligga de hvardagliga förhållandena närmast.

Då den elektriska kraften kan ställas till allmänhetens förfogande i en lätt åtkomlig, transportabel och delbar form, då skall den ock komma att för vissa fortskaffningsändamål utträngа både djurkraften och ångmotorn. Elektriska fordon skola blifva allmänna på våra gator och vägar, elektriska farkoster på våra vattendrag. Oaktadt de nuvarande ackumulatorernas föga tillfredsställande beskaffenhet stå vi ju redan vid början af en sådan omvandling.

Då elektrisk ström kan framställas till billigare pris, lär gasljuset, äfven om det kläder sig i »auerska strumpor», knappast kunna påräkna någon långvarig lifstid, och skulle det lyckas att åstadkomma praktiskt användbart elektriskt ljus utan glödkroppar, så lär väl, äfven med nuvarande metoder för elektricitetens alstring, gaslysningens fortvaro blifva mycket problematisk.

Men äfven på uppvärmningsteknikens område kommer en allmännare och billigare tillgång å elektrisk ström utan tvifvel att utöfva en väsentlig inverkan. Kan man lyckas att på termo-elektrisk väg förvandla blott hälften af den i stenkolen inneboende värmekraften till elektrisk energi, så kan nästan med säkerhet förutses, att vi då också skola kunna inrätta det betydligt bättre, snyggare och ofarligare med uppvärmningen af våra bostäder och tillredandet af vår föda. För detta ändamål skall man endast behöfva en centralhärd, där kolvärmet förvandlas till elektrisk

ström, hvilken genom smidiga trådledingar föres till olika delar i huset; den skall där sprida både ljus och värme och äfven kunna användas till hvarjehanda förrättningar, alltifrån hissen i förstugorna till kaffekvarnen i köken.

»Ångbåtar som fara öfver oceanen med ett litet kolförråd, knappt en tiondedel så stort som det de nu behöfva; — luftseglingsproblemet utan svårighet löst; — telefonering öfver Atlanten; — ett riktigt teleskop, med hvilket man blott medelst en koppartråd skall kunna se jorden rundt; — matlagning medelst elektricitet och sammansättning af närande födoämnen genom inverkan af elektriska frändskaper» — se där blott ett fåtal af alla de underbara saker, som fantasirika uppfinnare förespå såsom framtidsföljder af de elektiska problemens lösning. Och därtill lägger man slutligen äfven den spådomen — uttalad, påstås det, af den store Edison —, att till och med den outtalade människotanken skall kunna upptagas af en elektrisk apparat, anbragt utanpå hufvudskålen, samt göras förnimbar vare sig genom ljud eller direkt öfverföras till annan person. Franska vetenskapsmän syssla ju redan med fotografering af »de andliga förmögenheternas utstrålningar från hjärnan»; Tesla och Marconi ha gjort märkliga upptäckter angående det elektriska ljuset och telegrafering utan tråd.

Teslas försök; framtidens ljus? Redan den engelske fysikern Maxwell framlade, på grund af Faradays undersökningar, teoretiska bevis för den åsikten, att ljuset och elektriciteten voro nära besläktade med hvarandra. Sanningen häraf bevisades praktiskt af den berömde tyske vetenskapsmannen Hertz, hvilken genom sina experiment ådagalade, att en med elektricitet laddad kropp, hvars laddning är underkastad hastiga växlingar, orsakar etervibrationer, hvilka åtskilja sig från ljusvibrationerna endast därigenom, att de icke kunna uppfattas af vårt öga. Men för öfrigt hafva de ljusvibrationernas alla kännemärken, och de skulle utan tvifvel äfven kunna ses, d. v. s. blifva ljus, om man blott kunde uppdrifva strömväxlingarnas hastighet till motsvarighet mot ljusvibrationernas. Medan de elektriska vibrationernas hastighet ligger emellan 32,768 och 34,359 millioner i sekunden, uppgår det röda ljusets vibrationshastighet till 450 och det violettas till 750 billioner i sekunden.

Härmed var emellertid en väg angifven att omsätta elektrisk energi till ljus utan att anlita elektricitetens glödverkan. Denna väg följdes af den förut omnämnde berömde elektrikern Nicola Tesla, bosatt i Amerika men bördig från Kroatien. Genom en följd af systematiskt ordnade försök med växelströmmar af dittills oerhörd frekvens lyckades det honom att slutligen nå målet och därjämte framkalla en hel följd af de mest öfverraskande elektriska företeelser. Tesla har ock på grund af dessa försöksresultat framställt nya och djärfva förslag till sådana strömmars användande för tekniska ändamål, hvilka, därest de en gång kunna praktiskt realiseras, skola öppna nya banor för elektroteknikens utveckling. Ty värr kunna vi här endast med några ord antyda dessa intressanta försök och resultat; men å andra sidan bör detta ske just här, emedan de till sina verkningar och sin praktiska användbarhet höra framtiden till.

Med tillhjälp af växelströmgeneratorer med många poler och stor rotationshastighet lyckades Tesla till en början uppdrifva frekvensen till 15,000 hela perioder i sekunden, hvilket ju redan var betydligt. Då han emellertid ville komma ännu högre, måste han tillgripa helt andra medel. Han använde då de oscillatoriska

strömmar, som uppkomma vid urladdningar af en kondensator och hvilka kunna växla med en hastighet af flera hundra millioner gånger i sekunden. Dessa försök anordnades på följande sätt. Strömmen från en alternator med låg frekvens och spänning omsattes genom en transformator till hög spänning. I den sekundära strömkretsen finnes en strömbrytare, bestående af två metallkulor med ringa inbördes mellanrum och förenade med de båda metallbeläggningarna å en kondensator. När alternatorn sättes i gång, laddas kondensatorn, och när spänningen uppnått en viss gräns, springer en gnista öfver mellan kulorna. Vid denna urladdning uppstå de ofvannämnda oscillatoriska strömmarna med hög frekvens, och dessa ledas genom den primära lindningen af en annan transformator, hvilken sålunda erhåller ny impuls för hvarje strömväxling. Dess sekundära lindning återgifver då just de högspända strömmar, som åstundas.

Och dessa strömmar visade sig ha de allra märkvärdigaste egenskaper. Medan växelström af vanlig frekvens redan vid en spänning af några hundra volt är lifsfarlig, kunde Tesla vid sina experiment utan fara beröra polskrufvarna till transformatorn, ehuru spänningen uppgick till några hundra tusen volt, eller i ena handen hålla en lyskropp och bringa denna att stråla i klaraste ljus, medan alltså den elektriska strömmen i båda fallen passerade hans egen kropp. Äfven denna strålade i ett magiskt ljusskimmer, som delvis fortfor ännu en stund efter experimentets slut. Ofarligheten af detta experiment har man förklarat af den omständigheten, att växelström i allmänhet till följd af självinduktionen hufvudsakligen håller sig till ledarens yta; då självinduktionen stiger med frekvensen, kommer därför, vid här ifrågavarande frekvens, strömmen endast att hastigt genomila kroppens allra yttersta lager.

En annan märkvärdig företeelse var just framträdandet af ljus utan glödverkan. Detta visade sig nämligen vid strömmens gång genom starkt förtunnade gaser, hvilka då blefvo lysande — en gaslysning af högst egendomlig art!

Det har vidare lyckats Tesla att medelst blott en enda ledningstråd bringa elektriska motorer att arbeta eller lampor att lysa, ja, till och med att framkalla ljussken utan någon ledningstråd. Vid ett försök ställdes nämligen två metallplattor vid två motsatta väggar af ett rum, på flera meters inbördes afstånd och förenade med hvar sin af transformatorns poler. Mellan båda plattorna uppkom då ett elektriskt urladdningsfält, inom hvilket man dock utan fara kunde röra sig. Då ett glasrör, innehållande förtunnad luft, infördes i detta fält, blef det lysande. Vid en strömspänning af 800,000 volt uppkom ett svagt ljussken i hela rummet. Nu påstår Tesla det vara lika möjligt att åstadkomma strömmar af trefaldt större elektromotorisk kraft och i samma mån öka etervibrationernas hastighet. Tills vidare äro vi emellertid icke i stånd att handhafva en så väldig elektrisk kraft, men när man en gång kommit därhän, då skall »*framtidens ljus*» blifva, icke det anspråkslösa elektriska lampsken, hvaröfver vi nu äro så glada och stolta, utan det som Tesla betecknar med detta namn: strålande elektriskt solljus!

Ett steg i denna riktning beteckna de uppseendeväckande experiment med lysande vakuumrör, som för icke länge sedan anställts af en annan amerikansk elektriker, mr Mc Farlan Moore i Newark. För att erhålla ytterst snabba strömomkastningar anbringades strömbrytaren i form af en Wagners hammare (se sid. 284) inuti en lufttom glasballong; frånvaron af luftmotståndet gör, att strömafbrotten, således de växlande strömimpulserna, ske sex gånger snabbare än eljest. Förutom den till strömbrytaren hörande induktionsrullen, hvars kärna på vanligt sätt åverkas af

ankaret, finnes till induktionens förstärkande ytterligare en sådan rulle, större och kopplad i serie med den förra. Långs taklisterna voro upphängda lufttomma glasrör om c:a 38 mm. diameter samt 2,8—3,5 m. längd, utvändigt strukna med metallisk färg och i hvardera änden belagda med aluminium. Då strömmen från en vanlig belysningsledning — således om 110 volt — framsläpptes genom strömbrytaren och den mindre induktionsrullen, började den förra att vibrera och glasrören att lysa med starkt, jämnt och stilla sken, klart upplysande hela rummet. Vill man ytterligare förstärka belysningen, kan sådant mycket lätt ske genom att hänga en rad liknande rör under de förra, men utan att sätta dem i förbindelse vare sig med dem eller ledningen. Dessa sekundära rör blifva i alla fall lysande genom induktion från de primära. Denna märkvärdiga ljusinduktionsverkan är så stark, att man kan få ett sådant vakuumrör lysande genom att helt enkelt hålla det i närheten af ett metallnät, som står i förbindelse med den nyss beskrifna strömledningen. Att denna vackra belysningsmetod innebär rika löften för framtiden synes vara otvifvelaktigt. Den ofvan beskrifna strömbrytaren har på allra senaste tid blifvit ytterligare förbättrad, och därigenom hafva ännu förmånligare belysningsresultat erhållits.

Marconis försök; framtidens telegrafi? De elektriska framtidsutsikterna bjuda oss emellertid icke blott elektriskt ljus utan ledning utan äfven telegrafering utan tråd. Redan sedan flera år tillbaka syssla vetenskapsmännen med detta problem, och bland dem äfven Tesla, som nyligen låtit veta, att han lyckats komma därhän att med jordelektricitetens hjälp öfversända budskap till afstånd af 30—40 km. och är öfvertygad om möjligheten att betydligt öka detta afstånd. Han behöfver för sitt ändamål blott en mycket ringa elektrisk energi och skaffar sig denna genom att medelst lämpliga instrument å afsändningsorten rubba den elektrostatiska jämvikten i själfva jordytan; därigenom åstadkommas signaler, som på motsvarande sätt förnimmas å en eller flera mottagningsorter. De elektriska vibrationerna skola uppgå till ett par millioner i sekunden.

Till ett något mera utveckladt stadium synes problemet ha blifvit bragt genom den italienske elektrikern G. Marconi, hvilken jämte den engelske elektrikern mr Preece lyckats åstadkomma telegrafisk förbindelse, utan tråd eller kabel, öfver Bristolkanalen (15 km.) och äfven för sin del anser sig kunna komma betydligt längre. Marconis system är grundadt på Hertz' upptäckter och metod. Afsändningsinstrumentet består af en induktionsrulle med tillhörande batteri (eller ackumulator) samt en telegrafnyckel insatt i den primära lindningen. Morse-tecknen åstadkomma motsvarande strömimpulser i den ytterst fina sekundärlindningen, hvilken medelst två konduktorkulor står i förbindelse med en s. k. Hertz' radiator. Denna har till ändamål att omsätta strömimpulserna i etervibrationer och består af två isolerade mässingskulor, lufttätt inpassade i en liten cylinder, fylld med glycerin; kulorna ligga på ett ringa afstånd från hvarandra och så, att hvardera med sin yttre del befinner sig helt nära hvar sin af de båda konduktorkulorna. Då de elektriska gnistorna springa öfver mellan kulorna, åstadkommas häftiga förändringar i den elektriska spänningen och sålunda äfven motsvarande etervibrationer, hvilkas frekvens beror af radiatorns dimensioner. Enligt Marconis uppgift använder han etervågor af 120 cm. längd och med en frekvens af 250 millioner i sekunden! Då hvarje strömimpuls från Morse-nyckeln emellertid icke upptager mer än en liten bråkdel af en sekund, är uppenbart, att svängningstalet för hvarje sådant afbrott icke uppgår till

mer än en eller annan million af de nyssnämnda. Dessa etervibrationer fortplanta sig emellertid i rymden åt alla håll på samma sätt som krusningarna å vattenytan kring en nedkastad sten. Det gäller nu endast att på lämpligt sätt uppfånga etervågorna å vederbörlig ort.

Detta sker genom en mottagningsapparat, som hufvudsakligen består af ett litet lufttomt glasrör, med i båda ändar insmälta silfvertrådar, åtskilda af ett mellanrum om c:a $^1/_2$ mm., som upptages af ett fint pulver (nickel- eller silfverfilspån med ringa tillsats af kvicksilfver). Detta rör är insatt i en elektrisk ledning å stationen, hvari för öfrigt äro inlänkade två induktionsspolar, ett batteri, ett relä och en elektromagnet, hvars ankare liknar Morse-skrifapparatens häfstång och i ena änden har en liten kula, som befinner sig midt för och helt nära glasrörets pulvermellanlag. Detta metallpulver har den märkvärdiga egenskapen att i vanlig form göra starkt motstånd mot den elektriska strömmen men då det träffas af de nyss omtalade »Hertzska etervibrationerna» baka ihop sig och blifva god ledare för att å nyo återtaga sin oledande form, om det träffas af en lindrig skakning. Då glasröret träffas af de öfverallt i rymden framilande etervågorna, slutes alltså för ett ögonblick den elektriska strömbanan å stationen förmedelst dess relä, skrifapparatens ankare attraheras, kulan slår mot röret och åstadkommer pulvrets förvandling till oledare, således strömmens omedelbara afbrott. Genom dessa strömslutningar och afbrott återgifvas sålunda telegrammets Morse-tecken. Detta slags telegrafering lär icke menligt påverkas af ogynnsam väderlek, tjocka o. d. men fordrar fri väg i rymden för etervågornas obehindrade spridning. Till en början väntar man sig god nytta däraf för telegrafering mellan fyrar, lotsstationer och andra kustorter samt fartyg, hvadan man också redan lär vara betänkt på dess införande inom sjöväsendet i England och Italien.

* * *

Det nu sagda må vara nog för att antyda hvad framtiden *kan* vänta och i hvilka riktningar forskningen arbetar inom elektricitetens vidsträckta och ännu så mystiska område. Det torde ock visa, att de stora framsteg å detta område, hvaröfver vår tid är så stolt, knappast kunna anses vara mera än ett på det hela taget tämligen osäkert famlande längs stränderna af ett stort, ännu outforskadt upptäcktshaf.

REGISTER.

En * efter numret betecknar, att illustration finnes i texten eller å särskild plansch.

Acetylen 398.
Ackumulatorbatteri i parallelkoppling med dynamomaskiner 227.
Ackumulatordrift å elektriska järnbanor 329; — i elektricitetsverk 227.
Ackumulator 92; — areometer för 104; — behandling 105; beredning 96; — bly 94; — cellregulator för 105; — Correns 99*; — de Khotinsky 99*; Electr.-Power-Storage C:o 98*; — elektromotorisk kraft 105; — fabrik i Hagen 100*; — Farbaky och Schenek 102; — Faures 96*; — Faure-Sellon-Volckmars 98*; — förloppet i 95; — Juliens 103; — kapacitet af 95; — laddning och urladdning 104; — nyttig verkan 106; — Oerlikon-, torr- 103; — Planté- 94*; — Pollack- 100*; — Regnier-Siemens' 102; — spänningsändring 105; — Svensk torr- 103*; — torr- 103; — Tudor- 100*; — uppsättning 102; — utveckling af 93.
Afbildning, plastisk, på galvanisk väg 370.
Afstängareinrättning i telefonapparater 511.
Afstängare, olika slag, 192*—197.
Afsändningsapparat, telegraf- 417*; — automatisk, Wheatstones 429*.
Aktiv massa i ackumulatorer 98.
Alkali-tillverkning, elektrokemisk 389.
Alarmapparat för eldsvådor 475*, 476*.
Alstring af elektrisk ström 12, 28.
Alternatorer 64.
Aluminiumbrons 379; — Cowles förfaringssätt 379*; — Héroults förfaringssätt 381*; — tillverkning 378.
Aluminiumtillverkning, elektrisk 378; — i Neuhausen 381*; — i Norge 384.
Ampère 11, 28: — -mätare 200*.
Anion 362.
Ankare, magnetelektriskt 34; — dubbelt T 35* (se äfven: induktor).
Anod 14, 361.
Antimon, å elektrolytisk väg 388.
Arbete, elektriskt 11, 77, 283.
Armatur 34; — armaturreaktion 63.
Arons elektricitetsmätare 225*.
Artograf 547.
Audiometer 539*.

Bad, galvaniskt 361, 364*; — dess tillredande och behandling 366.
Ballonger, för båglampor 150*.
Bantågstelegrafi 468.
Batteri, ackumulator- 95*; — för elektrisk belysning 18; — galvaniskt 25; — -koppling 25*: — för ringledningar 549.
Bec-Carcel 66.
Belastning, dynamomaskiners 74.
Belysning, elektrisk 175; — af människokroppens inre 259; — för åkdon 254; — i Suezkanalen 247*; — å bantåg 252*; — å fartyg 244*; — å svensk pansarbåt 246*; — å teatrar 241*.
Belysningsanläggningar, elektriska 175; — i svenska städer 182, 234; — transportabla 254*.
Belysningsanordningar för särskilda ändamål 241.
Belysningsbatterier 18.
Beredning, ackumulatorers 96.
Bergborr, elektrisk 318*; — van Depoeles 318*; — Siemens & Halskes 318*.
Bergmans isoleringsrör m. m. för inomhusledningar 121.
Bleckplåt, förnicklad 367*.
Blekvätska, elektrisk beredning af 392; — enligt Hermites metod 393*; — enligt Kellners metod 394.
Blockapparater för järnvägstelegrafi 466*.
Blybeläggning å galvanisk väg 369.
Blykablar 120.
Borchers metod för elektrolytisk raffinering af koppar 375*.
Bordsringklocka, elektrisk 553*.
Borstmaskin för galvanotekn. ändamål 365*.
Borrapparater, elektriska 312*.
Brandsignalering, alarmverk för 475*.
Brandskåp 472; — spruta, elektrisk 309*.

Brandtelegraf 472*; — automatisk 476*; — L. M. Ericssons 474*; — Siemens & Halskes 473*.
Brefpress som elektr. kontaktknapp 556.
Breguets visaretelegraf 418*.
Bromsapparat vid utläggning af oceankablar 453*.
Brunstenselement 21*.
Brännare, elektriska 135*.
Brännförgyllning 86.
Bunsenelement 16*; — -kol för galvaniska element 126, 153.
Båglampa 127; — Brushs 142*; — differential- 138*; — för deladt ljus 133; — för konstant strömstyrka 134; — för konstant spänning 128; — för oföränderligt kolspetsafstånd 135; — Foucault-Duboscqs 129*; — v. Hefner-Altenecks 132*, 141*; — Jandus- 148*; — Jaspar 131*; — kontakt-glöd- 137; — Krizik-Piette 145*; — Leroux's 136*; — med ensidig koppling 146; — med koppling 140*; — parallelkoppling af 133*; — Pilsen 145*; — Schuckerts 145*; — Sedlazek & Wikulills 253; — Sellons 146*; — Serrins 130*; — seriekoppling af 133*; — Siemens & Halskes band- 147*; — Sol- 135*.
Båglampkol, tillverkning af 153*.
Båglampmotstånd 205*.
Bågljuset 125; — regulatorer för 127*; — dess delning 133.
Båtar, elektriska 343*, 584.
Bägarapparat, Voltas 14.

Callaudelement 20*.
Casellis kopieringstelegraf 434*.
Castners metod för elektrolytisk framställning af natrium 385*.
Cellkoppling 105, 227*.
Centralstationer, för elektrisk belysning 212; — för telefonledningar 522.
Cigarrtändare, elektrisk 271*.
Coffins elektr. lödapparat 276*; — vällapparat 277*.
Compoundlindning af dynamos 76*; — af elektromagneter 75*; — af elektromotorer 300*.
Cooke och Wheatstones nåltelegraf 414*.
Cowles elektriska ugn 378*, 379*.
Cylinderinduktor, Siemens 35*.

Daniells element 15*.
Delning, det elektriska ljusets 133.
Dekapering 366.
Diamanter, konstgjorda, Moissans 282.
Differentiallampa, dess princip 138; — med koppling 140*; — utan koppling 144*.
Diplextelegrafering 439.
Distanssignaler 465.
Dockor, talande 593.
Doppbatteri 17.
Dostelefoner 499.
Drifkraft, elektrisk, å krigsfartyg 305.
Drift, elektrisk, af fordon 341*; — å landsvägar 342*.
Dubbelkupig telegrafhatt 110*.
Dubbelnål, nåltelegrafens 415*.
Dubbelströmsnyckel för telegrafering 456*.
Dubbelt T-ankare 35*.
Dubbeltelegrafering 436; — Stearns system för 438; — å kablar 461.
Duplextelegrafering 436*.
Dynamoelektriska principen 37.
Dynamomaskin, Allm. Svenska Elektr. bolagets åttapoliga 62*; — Brushs 54*; — Bürgins 58*; — compound 76; — Cromptons 59; — den första 37; — Edisons 45*; — Esslingens 50*; — Feins 49*, 51*; — flerpoliga 50, 53*; — för elektrolyt. kopparraffinering 374*; — för strålkastare 247*; — Grammes 41*; — Gülchers 60*; — innerpol 51*; — i Stockholms elektricitetsverk 52*; — kommutator 54; — Ladds 37*; — Lahmeyers 48*; — ledningar inom 74; — likströms- 73; — Manchester- 50*; — Mather & Platts 50; — med ringa hastighet 50; — med ångmotor 177*; — med öfverliggande armatur 47*; — nyare 62; — reglering af 184; — Schuckert & C:is 50; — Schuckerts plattrings- 49*; — serie- 75; — shunt- 76; — Siemens & Halskes 44*, 47; — Thomson-Houston 56*; — Thorins skif- 57; — Thurys 61; — Wenströms 57; — Westons 59*; — växelströms- 74.
Dynamomaskiner för belysningsanläggningar 183*.
Dynamomaskiners industriella verkningsgrad 77.
Dynamomaskiners reglering 75*, 184*; — uppställning 183.
Dynamometer 454*.
Dynamo, ångturbin-, de Lavals 179*.
Däckhyflingsmaskin 315*.
Döfhetsmätare, telefon som 546.
Dörrkontakt för ringledningar 556*.

Edisons dynamo 45*; — elektricitetsmätare 224*; — fluorescenslampa 174; — induktor 46*.
Edlunds teori 13.
Eldfontän 256*, 584.
Elektriciteten i landtbrukets tjänst 564.
Elektricitetsmätare 223; — Arons 225*; — Auberts 227*; — Edisons 224*; — Thomsons 226*.
Elektricitetsverk, allmänna 212; — amerikanska 217*; — enskilda 175; — för växelström 232; — Innsbrucks 236*; — i Amsterdam 236*; — i svenska städer 234; — i Wien 236*; — ledningsnät till 213; — New Yorks 217*; — med ackumulatorer 227*, 230*; — Roms 236*; — Stockholms 220*; — vid Tivolifallen 240*; — Utställningens 580.

Elektriska ljuset, åtskilliga användningar af 259.
Elektriskt värme, teknisk användning af 261.
Elektroder 14; — galvanotekniska 361.
Elektrokemisk industri 360.
Elektrokultur 564.
Elektrolokomobil 568*.
Elektrolyt 360.
Elektrometallurgi 373.
Elektromotor 283; se vidare »motorer».
Elektromotorisk kraft 11, 14; — motkraft 388.
Elektroteknik; dess utveckling 2.
Elektrotermostat 271.
Element, galvaniska 12; — brunsten-cylinder 21*; — Bunsens 16*; — Callaud- 20*; — Daniells 15*; — Fleischers 21*; — för svaga strömmar 18; — gas- 23; — Gassners 22; — Grenets 17*; — Groves 15*; — Hellesens torr- 549; — Heinrichsens d:o 549; — klorsilfver- 22; — kromsyre- 17; — Leclanché- 21*; — d:o för telefonapparater 513*; — Meidingers 19*; — Smees 15; — termo- 21; — torr- 22; — zink-koppar- 15.
Elektrisk linieskarf 114.
Elmoremetod för tillverkning af kopparrör 372*.
Energi, elektrisk 13; — dess ledning 107; — dess magasinering 92; — mekanisk framställd ur- 283; — dess omvandling 13; — såsom mellanform 123.
Enkelljuslampor 132.

Fabriksspårvägar, elektriska 336.
Faraday 28, 81.
Fartygsbelysning, elektrisk 245*.
Fattningshylsa, glödlampans 169*.
Femledarsystem 215.
Fiskfångst med glödlampor 259.
Fjärrskådning, elektrisk 546.
Flerledarsystem 215.
Fleischerelement 21*.
Fluorescenslampa, Edisons 174.
Fläkt, elektrisk 310*.
Flätad klädsel å ledningstråd 117*.
Fonografen 540*; — dock- 545*.
Fonotelegrafi 439.
Fordon, elektriska 320.
Foucault-Duboscq-regulator 129*.
Framtidens ljus 590; — telegrafi 592.
Framtidsproblem, elektriska 587.
Framtidsutsikter, elektriska 586.
Frekvens, växelströmmars 64.
Fyrar, elektriska 248*.
Fällklaff, för ringledning 558*.
Fält, magnetiskt 6, 8*.
Fältmagneter 34.
Fälttelefon 536*.
Fälttelegrafapparat, svensk 470*; — -materiel, svensk 470.
Färgindustri, elektrokemisk 401*.
Färgskrift, telegrafisk 425.
Färgspel vid elektrisk teaterbelysning 242.
Färgämnen, elektricitetens inverkan å 402*.
Förbistängare 511.
Föreningsmuffar 230*.
Förgyllning, galvanisk 368.
Förkoppring, galvanisk 369.
Förnickling 366*; — af zinkbleck 367*.
Försilfring, galvanisk 362*, 368.
Förtenning 369.
Förvandling af kemisk energi till elektrisk 13.
Förzinkning 369*.

Galvaniseringsföremåls rengöring 365.
Galvaniska bad 361.
Galvaniskt bad 375*; — varans beredning för 375.
Galvanokaustik 270*.
Galvanometer 412; — differential- 444; — spegel 413, 456*.
Galvanoplastik 370.
Galvanoplastiska efterbildningar 372*.
Galvanoskop 443; — stegi 361.
Galvanoteknik 360.
Garfning, elektrisk 403.
Gasbatteri 23; — Groves 23.
Gasdynamo 181*.
Gasmotorer vid elektriska anläggningar 180*.
Gasmätare, elektrisk 583.
Gassners torrelement 22.
Gaständare, elektrisk 272; — Clarks 273; — Inventors 273.
Generatorer 183, 283.
Glasballong för båglampor 150*; — för glödlampor 162*.
Glidkontakt för signalering 556*.
Glycerinbroms 131.
Glödlampan 156*; — dess beståndsdelar 159*; — driftkostnad 173; — ekonomi och varaktighet 173; — evakuering 162*; — fästande 169*; — koltråd 160*; — parallelkoppling 187*; — seriekoppling 187*; — tillverkning 168; — upphängning 171*; — utvecklingshistoria 156.
Glödlampfabriken Svea 163*, 167*, 581.
Glödlamphylsor 169*; — hållare 169*; — hängare 170*; kupor 172*; — skärmar 172; väggarmar 170*.
Glödljus, elektriskt 156.
Glödning, elektrisk 266.
Glödtändare 266*.
Gnistinduktor, Ruhmkorffs 81*.
Gnisttändare, Clarks 273; — Siemens & Halskes 269*.
Goppelsröders elektriska färgningsmetod 402*.
Grafitering 370; — maskin för 371*.
Grafofon 543*.
Gramme-ring 38*; — konstruktion 39*; — polarisering vid strömmens påsläppande 287*.
Grammes dynamo 41*.
Grenets element 17*.
Grenkabel, artificiell, för underhafstelegrafering 461*.
Grodtång 113*.
Grove-element 15*.
Gruflokomotiv, elektriskt 318*.
Guldutdragning, elektrisk, enl. Siemens & Halskes metod 386.
Guttaperkaklädnad å elektrisk ledningstråd 119*.

Guttaperkapress 119*.
Gångspel, elektriskt 304*.

Hammare, elektrisk 311*; — Wagners 284*.
Handregulator för båglius 127*.
Hastighetsreglering å elektriska banor 328.
v. Hefner-Altenecks lampor 132*, 141*.
Heliograf 471.
Hellgate-sprängningen 268*.
Hertz 14, 108, 590.
Hets, elektrisk 279*.
Hiss, elektrisk 307*.
Hoopers ledningstråd 120.
Hyfvelmaskin, elektrisk 315*.
Hysteresis 77.
Hård koppartråd 111.
Hängare för glödlampor 170*.
Hängrör för glödlampor 171*.
Hängsnöre för glödlampor 170*.
Härdning, elektrisk 270.
Hästkraft, elektrisk 77.
Hörtelefon 497; — klyka 512*; — svensk 498*; — tyska rikstelegrafens 498*.

Jackar, i telefonväxlar 518.
Jablochkoffs ljus 135*.
Janduslampan 148*.
Jasparlampan 131*.
Illumination med glödlampor 260.
Impregnering af telegrafstolpar 112; — Boucheries metod 112; — af klädsel å ledningstråd 122.
Induktion, magnetelektrisk 8*.
Induktionsapparat 8; — Ruhmkorffs 81*.
Induktionsväg, Hughes' 540*.
Induktionsverkningar vid telefonledningar, deras upphäfvande 521*.
Induktor 34; — cylinder-, Siemens 35*; — trum- 42*.
Industri, elektroteknisk 570; — elektrokemisk 389.
Inledningsrör för ringledning 560*.
Innerpolmaskiner 47.
Inomhusledningar, elektriska 121, 186*, 190*; — Bergmann & Cos system för 121, 192; — Peschels d:o 190*; — tariff-föreningens bestämmelser för 191.
Ioner 362.
Jordledning 416.
Jordströmmar, magnetiska 412.
Joules lag 77.
Irisering 369.
Isolationsmätningar, instrument för 208*.
Isolator 108; — Clarks 109*; dubbelkupig 109*; — olje- 110*.
Isolering 107.
Issågning, elektrisk 569.

Järn, dess smältning i elektrisk ugn 387*.
Järnbanor, elektriska 320; — Adams 330*; — deras utveckling i Amerika 321; — enligt Mac Laughlins system 322; — med ackumulatordrift 329*; — i Buda-Pest 323*; — Stockholm—Djursholms 329; — i Paris m. fl. 331; — Wien—Budapest 333.
Järnbleck, förtent, elektrolytisk bearbetning af 388.
Järnförluster 77.
Järnkärna, induktorns 40.
Järnsmältning, elektrisk 387; — i de Lavals ugn 387*.
Järnvägstelegrafi 464.

Kabel 114; — behållare 452; — blyklädd 120; — bromsapparat för utläggning af 453*; — dynamometer 454*; — koncentrisk 239*; — med pappersisolation 528*; — muffar 223*, 238*; — mätning 454*; — nedläggning af 115*, 218*, 223*, 452*, 529*; — skarfning 211*; — underhafs-, utläggning af 452*; — utläggningstrumma 453*; — d:o rulle 454*.
Kalciumkarbid 398.
Kaliumklorat, elektrolytisk tillverkning af 396; — vid Bengtsfors 392; — vid Månsbo 397*.
Karbider 398.
Karborund 399.
Kation 362.
Katod 14, 362.
Kautschukklädnad å elektr. ledningstråd 119*.
Kedja, öppen, vid signalering 549; — sluten vid d:o 550.
Kemiska verkningar, den elektriska strömmens 360.
Klichéer 371.
Kloakvatten, desinficiering af 395*.
Klockspel, elektriskt 563.
Klorkalktillverkning, elektrokemisk 391.
Klornatrium, elektrolys af 389.
Klorsilfverelement 22.
Klätterjärn 211*.
Knapp, drag- 556*; — tryck- 555*.
Kol, för galvaniska element 16, 153; — för båglampor 153; — tillverkning af 154*.
Kollektor 40*; — borstar 40*.
Kolkornsmikrofon 508*.
Kolmikrofon, Edisons 503*.
Kolspetspress 154*.
Koltråd för glödlampor 160; — dess fästande 161*; — tillverkning af 160*.
Kommutator 31*; — maskiner 54*.
Kompoundlindning 75*; — af dynamos 76*; — af elektromotorer 300*.
Kondensator 438; — sång- 500.
Kontaktanordningar å elektr. ur 482*; — Arzbergers 483*; — Tiedes 483*; — Wagners 483*.
Kontakt, drag 556*; — glödlampor 137*; — press 556*; — propp 172*; — släp- 31*; — stång för elektr. banor 324*; — tramp- 556; — vagn för elektr. banor 323*.
Kontrollapparat för nattvakter 489*; — för tåghastigheter 468*.
Kopieringstelegrafer, kemiska 433*.
Koppargalvanoplastik 370*; — förluster 77.
Kopparraffinering, elektrolytisk 375*; — dynamomaskin för 375*; — enligt Borchers' metod 376*; — enl. Borchers-Siemens' metod 376; — enl. Marcheses metod 377*

Kopparraffineringsverk vid Casarza 377*.
Kopparrör, tillverkning af, på elektrolytisk väg 372*.
Koppling, direkt, af elektromotor och hjulaxel 328*; — af turbinmotor och dynamo 182*; — af ångmotor och dynamo 178*.
Koppling, parallel 26*; — serie- 25*; — stjärn- 352*; — triangel- 352*.
Kopplingar vid belysningsledningar 186; — af elektriska batterier 25*.
Kopplingsinrättningar för kablar 223*, 238*.
Kortslutning 23.
Kraft, elektromotorisk 9; — motverkande 40, 288.
Kraftkällor, elektriskt tillgodogörande af 586.
Kraftlinier, magnetiska 7*, 30*; — läckande 78.
Kraftöfverföring, elektrisk 283, 345*, 588; — Deprez's försök 345; — Fontaines försök 346*; — Lauffen—Frankfurt a/M 354*; — Oerlikons 347; — svenska anläggningar för 357*; — vid Niagara 356*.
Kran, lyft- 304*; — löp- 305*.
Kreosotimpregnering af telegrafstolpar 112.
Kronograf 486*; — Boulengés 488*; — mekanism 487*; — Navez-Leurs' 488*; — Siemens' 489*; — våglinier 487*.
Krontelefon 499.
Kvadruplextelegrafering 439.
Kvicksilfverluftpump för glödlampors evakuering 163*; — sjelfverkande 165*.
Kyrkklockor, elektriska 562.
Kärntransformator 85*.

Laddning af ackumulatorer 95*, 104; — af hafskablar 455.
Lamphus för båglampor 149*.
Lampkol 153*
Lampor, elektriska 125, 156*; — val och fördelning af 204.
Leclanchéelement 21*, 513*.
Ledare, elektriska 108, 360.
Ledningsförmåga 10; — klämma 191*; — motstånd 10; — profvare 208*.
Ledningstråd, elektrisk 111; — skarfning af 112*; — öfverflätad 117*; — öfverklädnad med guttaperka 119*; — d:o med kautschuk 120*; — öfverspunnen 116*.
Ledningar, elektriska 107; — blanka 108*; — framdragande inomhus 121*; — fästande å porslinsknappar 190; — för galvano-tekniska apparater 363*; — af hård koppartråd 111; — isolering af 107; — material för 111; — i putsen 122; — skötsel af 210; — underjords- 114*, 192, 218; — undervattens- 119, 122; — uppsättning af 189.
Ledningar, ring- 559; — telefon- 523; — telegraf- 444.
Ledningars uppbärande 112; — förening 111; skarfning och afgrening 223*.
Ledningsnät, belysnings-, i Amsterdam 236*; — Stockholm 221*; — Wien 236*.
Ledningssystem, elektricitetsverks 186, 212; — Bergmanns 121, 192; — Edisons 219*; — Peschels 190*; — Laughlins för elektr. banor 322.
Ledningsschema för dubbeltelegrafering 437*; — för reläer 426*; — för ringledningar 560*; — för två Morsestationer 424*; — två nåltelegrafer 416; — två telefonstationer 496*; — telefonapparat 515*; — telefonväxelbord 521*; — underhafstelegrafering 457*.
Leydnerflaska 93.
Likströmstransformatorer 91*, 347*.
Liniebyggnad 112; — muffar 112*; — stolpar för 112.
Liniesignalering å järnvägar 465.
Ljusbågen 126*.
Ljus, elektriskt 124; — delning af 133; — vid fiske 259; — vid dykarearbeten 259, 537*; — vid fotografering 259; — Jablochkoffs 135*; — å teatrar 241*.
Lokalbatteri 426.
Lokomotiv, elektriskt, i Baltimoretunneln 335*; — för fabriksbanor 338; — för grufvor 318*; — Heilmanns 335*; — Thomson-Houstons 336*; — Schuckert & C:os 336*; — vid Vermbohls bruk 338*.
Lokomobil, elektro- 568*.
Lokomotivlampor, elektriska 253.
Lyftkran, elektrisk 304*; — -magnet 313*.
Lödning, elektrisk 273, 275*; apparat för 276*, 277*.
Löpkran, elektrisk 305*.
Löprulle för elektr. banor 323*.

Magasinering af elektrisk energi 92.
Magnesium, dess framställning å elektr. väg 385*; — i fabriken Hemelingen 385*.
Magnetelektrisk induktion 30*; — maskin 29; — Alliance 33*; — Clarks 32*; — Pixiis 31*; — Siemens' 35*; — Stöhrers 33*; — Wildes 34*.
Magnetinduktion 8.
Magnetinduktionstelegraf, Siemens 35*, 419*.
Magnetinduktor för växelströmringklockor 554*; — för ledningars undersökning 208*.
Magnetiska kraftlinier 7.
Magnetiskt fält 8.
Magnetnålens afvikning genom den elektriska strömmen 412*.
Manipulator, Breguets 418*.
Manteltransformator 85*.
Marconis försök 592.
Maxwell 14.
Meidingerelement 19*.
Metallrening, elektrolytisk 375.
Metallurgi, elektrisk 373.
Metallöfverdrag, galvaniska 361.
Mikrofon, Aders 505*; — Berliners 507*: — Blakes 507*; — bröst- 583*; — Crossleys 505*; — Dejonghs 506*; — Edisons 503*; — enkontakts- 506; — L. M. Ericssons 507*, 508*; — flerkontakts- 506; — för upptäckande af läckor i vattenledningar 539*; —

Hughes' 503*; — Hunnings 508*; — kol 503*; — kolkorns- 508*; — kolstift- 504*; — metallstift- 503*; — Mix & Genests 506*; — princip för dess konstruktion 503.
Mikrofonograf, Dussauds 545.
Mikrofonström, dess transformering 509*.
Mikrotelefon 516.
Militärtelegrafi 469.
Mintändare, elektr. 266*.
Mintändning, elektrisk 266.
Mintändningsapparat, elektr. 267*, 269*.
Montering af elektriska anläggningar 207.
Mordeys växelströmmaskin 73*.
Morse-alfabet 422*; — apparat, äldre 423*; — skrifapparat, nyare 424*; — nyckel 423*.
Motorer, elektriska (eller Elektromotorer) 283; — Allgem. Elektr. Gesellschafts 293*; — Allm. Svenska Elektr. Akt.-bol. 357*; — amerikanska 289*; — användande 302; — Bains 292*; — Brushs 291; — C. & C. C:o 290*; — Deutsche Elektriz. werke 294*; — driftkostnad af 301; — Forée Bains 292*; — fördelar af 300; — för elektr. banor 327*; — för grufvor 316*; — för järnvägsdrift 327*; — för seriekoppling 299; — för verkstadsdrift 303*; — Ganz & C:os 297*; — Gebr. Körtings 293*; — Griscoms 289*; — Grüels 284*; — Immischs 299*; — Jacobis 286*; — konstruktion af 285; — Körtings 293*; — liten amerikansk 289*; — med hastighetsregulator 299*; — Oerlikon 294*; — reglering af 298*, 300*; — Rikers 291*; — rotations- 285*; — Siemens & Halskes 293*; — Sprague 290*, 327*; — synkrona, för växelström 296*; — Teslas 347*, 350*; — Thomson Houstons 327*; — trefas- 349*, 351*; — växelström- 295*.
Motorer för elektriska belysningsanläggningar 176.
Motorvagnar, elektriska 342.
Motström 77, 388.
Motstånd 11; — igångsättnings- 294; — utjämnings- eller båglamp- 205*.
Mottagningsapparat, automatisk 429*; — telegraf- 417*.
Multipelbord 520*.
Multiplextelefoni 529; — engelskt system för 532*; — Jakobs d:o d:o 531*; — Rysselberghes d:o d:o 530*.
Multiplextelegrafering 441; — distributor för 441*.
Multiplextelegrafi 444*.
Multiplikator 412*.
Murfästen för isolatorer 113*.
Musiköfverföring med telefon 538.
Mässingsbeläggning, galvanisk 369.
Mätenheter, elektriska 11.
Mätningar, elektriska, med telefon 538.

Natrium, dess framställning å elektrolytisk väg 385; — enl. Castners metod 385*.
Natriumklorat, elektrolys af 392.
Nedhängning, telegraftrådars 113.
Nickel 367*; — å elektrolyt. väg 388.
Nobilis ringar 369.
Nollets maskin 33*.
Nummertablå 557*.
Nyckel, telegraf- 423*; — dubbelströms- 457*; — kontinuitets bevarande 438.
Nåltelegraf 412*; — Cookes & Wheatstones 414*.
Nåtlister för ledningar 190*.

Oceankablars utläggning 452*.
Ohm 11.
Ohm's lag 10.
Oledare 108.
Oljeisolator 110*.
Omkastare för elektr. ström 31*, 192*.
Omnibus, elektrisk 311*.
Omröstningstelegraf 490*.
Ozon, dess frambringande medelst elektr. ström 401*.

Pacinottis ring 38*.
Pacinotti-Grammes ring 38*.
Pantelegraf, Casellis 434*.
Parallelkoppling 26, 186; — af båglampor 133*; — af lampor 187*.
Pelarbana, elektrisk, Adams 331*.
Perioder, växelströmmars 64.
Personhiss, elektrisk 306*, 582.
Peschels system för inomhusledningar 190*.
Platinering, galvanisk 368.
Plöjning, elektrisk 566.
Polarisation 15.
Polariserade nummerklaffar 558*; — ringklockor 50* 554*.
Poler, magnetiska 7.
Poleringsapparat 365*; — maskin för zinkbleck 367*.
Polomkastning i dynamomaskiner 39, 63.
Polreaktionspapper 106.
Polstycken 41.
Polväxling i Tesla-motorn 348*.
Potential 11.
Preparering, ackumulatorers 96.
Presskontakt 556*.
Primär maskin 283; — -ström 82.
Princip, dynamoelektrisk 37.
Proppkontakt 172*.
Pump, kvicksilfverluft- 163*; -batteri 167*.
Pumpverk, elektriskt 308*.
Punsapparat för Wheatstonetransmitter 429*.
Pyrofon, Jungners 476.

Radiofoni 547.
Receiver 429; — Wheatstones 429*.
Reglering af båglampor till bestämda kolspetsafstånd 135; — till konstant motstånd 138; — till konstant spänning 135; — till konstant strömstyrka 128; — af dynamomaskiner 184*; — automatisk d:o 185; — af elektromotorer 298; — af ur 485*.
Regleringsinrättaingar vid belysningsanläggningar 184*.
Regleringspendel, elektr. 485*.

Regulatorer för ackumulatorbatterier 229*, 232*, 233*.
Regulatorer (se båglampor); — för belysningsbatterier 184*, 232*.
Relä, dess användande vid ringledningar 558; — vid telegrafering 426*; — Wheatstones 425*; — öfverdragnings- 426*.
Remtransmission vid elektriska maskiner 176*.
Rengöring af galvaniseringsföremål 365*.
Renhållning af afloppskanaler elektr. 375*.
Reostat 364, 444.
Ringklocka, elektrisk 550*; — med afbrytare 550; — med självkortslutare 553, 561*; med växelström 553.
Ringklocka, polariserad 511*, 554*.
Ringledningar, elektriska 548; — batterier för dito 549.
Rotationsmotor, elektrisk 285*.
Ruhmkorffs induktionsapparat 81*.
Rysselberghes system 530*.
Räkneappparat, elektrisk 492.

Sayers lindning för dynamomaskiner 63.
Sellonlampan 146*.
Seriekoppling 25; — af båglampor 133*; — af elektromotorer 298; — af lampor 188.
Sekundärelement (se ackumulatorer) 93; — generator, Gaulard Gibbs 83*; — ledare 80; — maskin 283; — ström 82.
Sekundära strömkällor 79.
Shuntdynamo 76*; — dess reglering 184; — motor, reglering af 300*.
Shuntklocka 552*.
Shuntledning 75*.
Siemens' ankare 34; — cylinderinduktor 35*; — truminduktor 42*.
Sifonrekorder, Thomsons 458*.
Signalinduktor 511*; — klaff 517*.
Signalklocka, järnvägs- 465*.
Silfverutdragning, elektrolytisk 386.
Siliciumbronstråd 111.
Skarfning af koncentriska kablar 239*; — ledningskablar 223*.
Skenkontakt 468*.
Skrifapparat 422; — Morses 423*; — Steinheils 415; — för underhafskablar 458*; — Thomsons 458*; — snabb-, Wheatstones 429*.
Slangskrift 459*.
Slipningsapparat 459*.
Slädmekanism i Hughes' apparat 432*.
Släpkontakt 31.
Smees element 15.
Smidesässja, elektrisk 280*.
Smältning, elektrisk 273.
Smältugn, elektrisk 281; — Ducretet & Lejeune's 282*; — de Lavals 387*; — Siemens' 281*; — Taussigs 281.
Smärgelskifva, elektrisk 313*.
Snällpost, elektrisk 340*.
Snörväxlar, för telefonlinier 518*.
Sodatillverkning, elektrolytisk 392.
Sollampan 136*.
Sounder 427*.
Spegelafläsning 456; — galvanometer 413; — d:o Gauss och Webers 456*; — d:o för underhafstelegrafering 455.
Spektrotelegraf, la Cours 471.
Springbrunn, elektrisk 256*, 584.
Sprängning medelst elektricitet 266; — vid Hellgate 268*.
Spänning, elektrisk 9; — dess omsättning 80.
Spänningsmätare 200*; — skillnad 9.
Spänntång 113*.
Stampverk för tillverkning af båglampkol 155*.
Starkströmteknik 29.
Steinheils telegraf 415.
Stolpskor 210*.
Strykjärn, elektriskt 264*.
Strålkastare 245*; — de Lavals 248; — i Suezkanalen 248*.
Strömalstringsapparat, äldsta 14*.
Strömbana 14; — samlare 40; — vändare 31*.
Ström, elektrisk, alstring af 12, 176; — användning vid grufbrytning 315*; — d:o i landtbrukets tjänst 564; — delning af 107; — primär 80; — sekundär 80; — undulatorisk 497; — verkningar af 123; — värmeverkningar af 123, 261.
Strömförbrukning 227.
Strömfördelningssystem 186.
Strömförgrening 188; — i Grammes ring 287*.
Strömkrets 9; — öppnande och slutande af 192*; — i truminduktorn 44*.
Strömkällor 12; — för belysningsändamål 176, 183; — för galvanotekniska ändamål 362; — för telegrafering 444; — för ringledningar 549.
Strömledare å telegrafstationer 443.
Strömmätare 200*; — Hummels 201; — registrerande 201*.
Strömriktning vid ackumulatorers laddning och urladdning 95*.
Strömslutare 193*; — vid ringledningar 555*; — vid telegrafering 423* (se äfven: Afstängare).
Strömstyrka 9.
Strömtillföring vid elektr. banor 321*; — vid fartygsbogsering 344.
Strömtäthet vid galvaniska bad 364.
Stångkontakt för elektr. banor 324*.
Surrsignalapparat 552*.
Svagströmteknik 5, 408.
Svarf, elektrisk 313*.
Svetsning, elektrisk 277*; — Thomsons apparater för 278*.
Symaskin, elektrisk 311*.
Syrgas å elektrolytisk väg 400.
Säkerhetsapparater 197; — metall 198; — stycke 583*.
Sönderdelning, vätskors medelst elektrisk ström 360; — af vatten 23.

Tablå, nummer 557*.
Tangentnyckel 423*.

Teaterbelysning, elektrisk 241; — måne 243*.
Tekök, elektriskt 263.
Telautografen 435*.
Telefon 493; — Aders 498*; — som afsändnings- och mottagningsapparat 497; — användning inom läkekonsten 539*; — Bells 495*; — Breguets 501*; — Böttchers 499; — Dolbears 500*; — dos- 499*; — Edisons 501*; — Forbes' 502; — fält- 536*; — Gowers 499*; — Grays 500*; — kondensator 500; — kron- 499; — L. M. Ericssons 499*; — Mercadiers 499; — Pages 494; — Phelps 499; — dess princip 496*; — Reis' 494*; — Siemens' 498*; — Stöcker & C:os 499.
Telefonapparat med Adermikrofon 513*; — Bell-Blakes 514*; — bord- 515*; — L. M. Ericssons nyare 514*, 582*; — ledningsschema till 515*; — riks- 516*; — med vertikalt membran 514*.
Telefoncentralstation, Allmänna i Stockholm 522*; — Riks- 522*; — d:o i Norrköping 523*.
Telefonkablar 527*; — trummor för 528*.
Telefoni 493.
Telefonledningar, anordnande af 523; — med fyrskruf 524*.
Telefontorn i Stockholm 527*.
Telefonväsendet i Sverige 532.
Telefonväxelapparater 517*; — anknytnings- 523*; — automatiska 523*.
Telegraf, akustisk 407; — elektrisk i Sverige 462; — optisk i Sverige 406.
Telegrafapparater 443; — för underhafstelegrafering 455*.
Telegraf, automatisk 427; — elektrisk 408; — Bakewells 444; — brand- 472*; — Breguets visare- 418*; — Casellis 434*; — Chappes 405; — Cooke & Wheatstones 413*; — dubbelnål- 415*; — fält- 471; — Gauss & Webers 413; — Hughes' 431*; — kopierings- 433*; — omröstnings- 491*; — Morses 421*; — nål- 414*; — Schilling von Cannstadts 412; — Schweiggers 412; — Siemens' visare- 35*, 419*; — Sömmerings 409; — Steinheils 415; — tryck- 430*; — underhafs- 444; — Wheatstones visare- 416*.
Telegrafering och telefonering, samtidigt på en tråd 530*.
Telegrafering utan tråd 593.
Telegrafhatt, dubbelkupig 110*; — med oljeisolering 110*; — svensk 109*; — äldre 109*.
Telegrafi 404; — dess begynnelse 404.
Telegrafisk förbindelse mellan station och bantåg i gång 468.
Telegrafnyckel, dubbelströms- 457*; — Morses 423*, 424*; — kontinuitetsbevarande 438.
Telegrafskrift, Morses 422*.
Telpherbanor 339*.
Termoelektricitet 24; — elektriskt problem 588; — element 24*; — fon 475*; — stapel 25; — Gülchers 25*; — stat, elektro- 271.
Teslamotor 347*.
Teslas försök 590.
Thomsons elektricitetsmätare 226*.
Thomson-Houston dynamo 56*.
Tidkula 486*.
Tidssignaler, optiska 486*.
Tidstelegrafering 477.
Timställare, elektriska 484*.
Tonhjul, P. la Cours 442*.
Tornklocka för ringledningar 553*.
Torrackumulatorer 103*; — element 22.
Transatlantiska telegrafkablar 447*.
Trampkontakt 556.
Transformatorer 79; — Allm. svenska elektr. bolagets 88*; — anordning och uppställning 88*; — belysningsledning med 89*; — Ferrantis 87; — Ganz & C:os 84*; — Gaulard & Gibbs 83*; — Helios 87*; — kärn- 85*; — Lahmeyers 90*, 346*; — likströms- 90*; — mantel 85*; Mordeys 87; — parallelkoppling af 89; — Schuckert & C:os 91; — Stanley-Westinghouse 86*; — trefas- 355*; — utveckling af 81; — växelströms 81*.
Transformatorpelare 86*, 88*, 240*.
Transmission, elektrisk 283, 345*; — rem- 76*.
Transmitter 428; — Wheatstones 429*; — universal 509* (se äfven Mikrofon).
Transportabelt belysningsmaskineri 255*.
Transportabel ångdynamo 247*.
Trefasmotor 349*, 354*; — system 351*; — transformator 355*.
Treledarsystem 215*.
Truminduktor 42*.
Tryckknapp, elektrisk 555*; — telegrafer 430*.
Trådspinningsmaskin 117*.
Trådstiftmikrofon 503*.
Tråd, lednings-, se Ledningar.
Trådvinda 113; — transportabel 210*.
Trädfällning med elektrisk apparat 569.
Turbinanläggning vid Hofors 182; — vid Innsbruck 236*; — vid Terni 182.
Turbindynamo, de Lavals 179*; — med horisontalaxel 182*; — vid Niagaraverken 356*; — vid Neuhausen 383*; — vid Tivolifallen 240*.
Tvåfassystem 351*.
Typtryckapparat 430*.
Tåghastighetsmätare 467*.
Tågsignalering, elektrisk 465*.
Tändapparat, elektrisk, Lundells 267*; — Siemens & Halskes 267*, 269*.
Tändare, cigarr- 272*; — gas- 273; — glöd- 266*; — gnist- 268*.

Ugn, elektrisk 281*.
Underhafskablar, deras utläggning 452*.
Underhafstelegrafi 444; — apparater för 455*; — transatlantisk 448*.

Underjordsbanor, elektriska 320, 331.
Undersökningsapparater, för telegrafer 443.
Undulator, Lauritzens 460*.
Universalitet, elektricitetens 123.
Universaltransmitter 509*.
Uppfordringsverk för grufvor, elektriskt 319*.
Upphängningsanordningar för elektr. lampor 151*, 170*.
Uppvärmning, elektrisk 262*.
Urverk, elektriska 477*, 584; — Arzberges 480*; — Grau & Wagners 481*; — Hipps 479*; — kontaktanordningar å 483*; — med fritt roterande ankare 481*; — med fritt roterande induktor 482*; — Siemens & Halskes 477*; — Stöhrers 478; — Tiedes 478*; — Thomas 481; — växelström- 482*, 483*.
Utläggning af elektr. kablar för belysningsanläggningar 115*, 218*, 223*; — för hafstelegrafering 452*; — för telegraf- eller telefonledningar 529*.

Wagners hammare 284*.
Vaktkontrollapparater 489*; — L. M. Ericssons 583*.
Val och fördelning af elektr. lampor 204.
Watt 11, 29.
Vattenmotorer, för belysningsverk 180*.
Vattenmotorer vid elektriska anläggningar 181*.
Vattenståndsmätare, elektrisk 583*.
Vekkol 155; — press för 155*.
Ventilatorer, elektriska 310*.
Verkstadsdrift, elektrisk 308*.
Verktyg, elektriska 302.
Wheatstoneapparat 429*; — dess punsapparat 429.
Wheatstones automatiska telegraf 427*; — nältelegraf 414*.
Vibrator, P. la Cours 440*.
Vinbehandling med ozon 401.
Vinda, för elektr. ledningstråd 210*.
Vindmotor, la Cours 567.
Vindspel, elektriskt 305*.
Visartelegraf 416*; — Breguets 418*; — magnetinduktions, Siemens 35*, 419*.
Volt 11; — mätare 200*.
Volta 12; — stapel 14; — bägareapparat 14*.
Väggarmar för glödlampor 171*.
Vällning, elektrisk 273; — apparat för 278*, 279*.
Värmeapparat, elektrisk 263*; — för frisértänger 265*.
Värme, elektriskt 123; — dess tekniska användning 261.
Vätgas å elektrolytisk väg 400.
Växelbord, telefon- 519*.
Växelström 30; — flerfas- 351*.
Växelströmdrift i elektricitetsverk 232*.
Växelströmmaskin 63; — Brushs 72*; — Ganz & C:os 69*; — Grammes 65*; — Hjorths 64; — de Méritens 65*; — Mordeys 71*; — nyare 69; — Oerlikons 73*; — Siemens & Halskes 66*; — självmatande 69; — Westinghouse 70*; — Wildes 64; — Wenströms 74; — Zipernowski och Déris 70*.
Växelströmmotorer 295*; — Ganz & C:os 297*; — synkrona 297*; — Teslas 347*.
Växtlighet, elektricitetens inverkan på plantors 565.

Åkdon, elektriska 342; — elektrisk belysning för 254.
Ångdynamo 178*, 578*; — Siemens & Halskes 217*.
Ångmotorer vid elektriska anläggningar 177*.
Ångturbindynamo, de Lavals 179*; (se äfven: Turbindynamo).
Åskledare för starkströmanläggningar 202*; — Thomsons 204*; — för telegrafer 443; — för telefoner 512; — kol- 583*.

Äggkläckning medelst elektricitet 264.

Öfverdragning 426.
Öfverföring af elektr. energi 80, 283, 345 (se äfven: Kraftöfverföring).
Öfverföring af strömvågor genom induktion 493.
Öfverklädd ledningstråd 115.
Öfverspinning af elektr. ledningstråd 117*.

JAN 14 1954

JAN 14 1954